FACULTAD DE QUÍMICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

NOTA

(Escriba con letra imprenta)

Apellido Paterno	**Apellido Materno**	**Nombres**

Curso/Sección	**Día**	**Mes**	**Año**

Interrogación N°	**Nombre Profesor/a**

_____ _____

Número de Alumno **Firma**

IMPORTANTE

Todo acto contrario a la honestidad académica realizado durante el desarrollo, presentación o entrega de una actividad académica sujeta a evaluación, será sancionado con la suspensión inmediata de la actividad y con la aplicación de la nota mínima. La nota mínima uno (1,0) podrá ser aplicada por el profesor como nota final al ramo que corresponda, cuando la gravedad de la infracción así lo amerite.

Puntaje:

P1……
P2……
P3……
P4……
P5……
Total:……..

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Química
Dirección Académica
Santiago, 17 de mayo de 2019

QUÍMICA GENERAL PARA INGENIERÍA
Interrogación I

$$\boldsymbol{Nota = \left[\frac{Ptos.obtenidos}{Ptos.totales} x\ 6,0\right] +\ 1,0\ (Pto.base)}$$

P.1: 30 ptos. **P.2: 15 ptos.** **P.3: 20 ptos.** **P.4: 20 ptos.** **P.5: 15 ptos.**

Instrucciones y Notas:

1.- Se dispone de 2:00 horas para realizar el examen

2.- Sólo se responden consultas en voz alta y son al inicio y cuando ha transcurrido la mitad del tiempo de la interrogación.

3- Completar todos los datos que se piden en la primera hoja de este documento.

4.- Ud. Dispondrá de espacio suficiente en cada una de las preguntas de desarrollo. Además, dispone de hojas en blanco al final de este documento.

5.- Los datos que Ud. necesite para responder las preguntas, se encuentran proporcionados en las mismas.

Pregunta 1: Selección Múltiple (30 puntos)

1.1- Dada la siguiente ecuación termoquímica es VERDADERO afirmar que:

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g) \qquad \Delta G° = -56{,}9\ kJ,\ T = 25\ °C$$

I Dado que $\Delta G° << 0$, la formación del amoniaco (NH_3) es un proceso rápido y espontáneo
II La reacción de formación del amoniaco es con seguridad un proceso exotérmico
III Dado que $\Delta G° << 0$, la formación del amoniaco es un proceso espontáneo
IV En la formación del amoniaco la entropía disminuye

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

1.2- Un proceso no será espontaneo a ninguna temperatura si:

a) ΔH y $\Delta S < 0$
b) $\Delta H > 0$ y $\Delta S < 0$
c) ΔH y $\Delta S > 0$
d) $\Delta H < 0$ y $\Delta S > 0$
e) Ninguna de las anteriores

1.3.- Considerando la siguiente reacción de segundo orden. Cuáles de las aseveraciones son FALSAS:

$$A \longrightarrow B$$

I Al duplicar la concentración del reactante A la velocidad aumenta 4 veces
II El tiempo de vida media es directamente proporcional a la concentración inicial de A
III La constante de velocidad podría obtenerse de la pendiente de un gráfico ln [A] vs t (s)
IV Al cambiar la relación estequiométrica del reactante A también cambia la velocidad

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

1.4.- Con respecto a la Cinética Química. ¿Cuál de estas afirmaciones ES FALSA?

a) Una reacción exotérmica y una endotérmica podrían tener el mismo valor de Ea
b) Un catalizador puede actuar modificando la velocidad de una reacción
c) En un mecanismo de reacción la etapa elemental de velocidad más lenta es el paso determinante de la reacción
d) La Ea corresponde a la diferencia energética entre reactivos y productos
e) Las unidades de la velocidad de reacción pueden ser expresadas en mol x L^{-1} x s^{-1}

1.5.- Con respecto a la reacción de formación del agua mostrada a continuación. Se puede afirmar que:

$$2H_2(g) + O_2(g) \leftrightarrows 2\ H_2O(g) \qquad \Delta H° = -241{,}8\ KJ/mol$$

I Un aumento de la presión desplazará la reacción hacia la formación de productos
II Al aplicar calor, el equilibrio se desplazará hacia los reactantes
III Una disminución del volumen desplazará la reacción hacia la formación de productos
IV Al aplicar calor, el equilibrio se desplazará hacia los productos

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

1.6.- Con respecto a la constante de equilibrio es FALSO:

a) Puede ser expresada en términos de las presiones parciales de los gases en el equilibrio
b) No se modifica con los cambios de concentración
c) No se modifica con los cambios de presión
d) No se modifica con los cambios de temperatura
e) Cuando Q < K el equilibrio se desplaza hacia los productos

Pauta

1.1	D
1.2	B
1.3	A
1.4	D
1.5	C
1.6	D

5 puntos c/u = 30 puntos

Pregunta 2 (15 puntos)

a) 10 puntos

El cloruro de etilo (C_2H_5Cl) es un gas incoloro utilizado industrialmente para la producción de etilcelulosa, un agente usado en la producción de pinturas y cosméticos. Además, el cloruro de etilo es ampliamente empleado como anestésico tópico en lesiones menores de algunos deportistas.

Una importante empresa multinacional, requiere de sus servicios (Ingeniero/a UC, experto/a en procesos) para la producción masiva de cloruro de etilo en Chile. La problemática está en que existen 2 posibles formas de producir el C_2H_5Cl a una temperatura de 25 °C.

Método 1: $C_2H_{6(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow C_2H_5Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$

Método 2: $C_2H_{4(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow C_2H_5Cl_{(g)}$

A partir de los datos proporcionados en la siguiente tabla, indique cuál de los métodos Ud. recomendaría (en base a su espontaneidad) y por qué. Justifique con cálculos.

Sustancia	$\Delta H°_f$ (kJ/mol)	S° (J/K mol)
$C_2H_6(g)$	- 84,70	229,60
$Cl_2(g)$		223,08
$C_2H_5Cl(g)$	- 104,90	275,70
HCl(g)	- 92,30	186,90
$C_2H_4(g)$	+ 52,30	219,32

b) 5 puntos

En el proceso Mond para la purificación del níquel, el monóxido de carbono reacciona con níquel caliente para producir $Ni(CO)_4$, que es un gas y, por lo tanto, puede separarse de las impurezas sólidas:

$$Ni(s) + 4CO(g) \leftrightarrow Ni(CO)_4(g)$$

Considerando $\Delta G°_f\ CO_{(g)} = -137.3$ kJ mol^{-1} y $\Delta G°_f\ Ni(CO)_{4(g)} = -587.4$ kJ/mol
Calcule la constante de equilibrio de la reacción a 80°C. Suponga que $\Delta G°_f$ es independiente de la temperatura.

Desarrollo:

a)

Método 1: $C_2H_{6(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow C_2H_5Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$

Cálculo de ΔH

$$\Delta H^0 = \sum n_p \Delta H_f^0(productos) - \sum n_p \Delta H_f^0(reactantes)$$

Reemplazando los valores de la tabla:

ΔH^0= [-104,90 + - 92,30] – [- 84,70] = -112,50 kJ/mol **(1 punto)**

Cálculo de ΔS

$$\Delta S^0 = \sum n_p S^0(productos) - \sum n_p S^0(reactantes)$$

Reemplazando los valores de la tabla:

ΔS^0= [275,70 + 186,90] – [223,08 + 229,60] = 9.92 J/K mol = $9{,}92*10^{-3}$ kJ/K mol **(1 punto)**

Cálculo de ΔG

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$; T = 25 °C = 298,15 K

Reemplazando:

ΔG^0 = -112,50 kJ/mol – [298,15 K * $9{,}92*10^{-3}$ kJ/K mol]
ΔG^0 = -112,50 kJ/mol – 2,96 kJ/mol = -115,46 kJ/mol **(1.5 puntos)**

Método 2: $C_2H_{4(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow C_2H_5Cl_{(g)}$

Del mismo modo que para el método 1, se calculan los valores de ΔH^0, ΔS^0 y ΔG^0

ΔH^0= [-104,90] – [52,30 + -92,30] = -64,90 kJ/mol **(1 punto)**

ΔS^0= [275,70] – [219,32 + 186,90] = 130,52 J/K mol = -0,13 kJ/K mol **(1 punto)**

ΔG^0 = -64,90 kJ/mol – [298,15 K * -0,13 kJ/K mol
ΔG^0 = -64,90 kJ/mol – [-38,76 kJ/mol] = -26,14 kJ/mol **(1.5 puntos)**

Ambos procesos son espontáneos ($\Delta G^0 < 0$). Sin embargo, en el primer método el valor es más negativo por lo que el método a elegir es el 1. **(3 puntos)**

b) Cálculo de ΔG^0

$$\Delta G^0 = \sum n_p \Delta G_f^0(productos) - \sum n_p \Delta G_f^0(reactantes)$$

Reemplazando:

ΔG^0 = [-587,4] - [4*-137,3] = -38,2 kJ/mol = -38200 J/mol **(2 puntos)**

Cálculo de K_{eq}

$$K = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}}$$

Reemplazando valores:

$$K = e^{-\frac{-38200}{8{,}314*353{,}15}} = 4{,}47 * 10^5$$ **(3 puntos)**

Pregunta 3 (20 puntos)

a) Dada la siguiente reacción de bromación en solución acuosa:



Se llevaron a cabo los siguientes experimentos de cálculo de las velocidades iniciales de reacción:

Experimento	$[CH_3COCH_3]_0$ (mol/L)	$[Br_2]_0$ (mol/L)	$[H^+]_0$ (mol/L)	*v* inicial (mol/L · s)
1	0,3	0,05	0,05	$6,0 \times 10^{-5}$
2	0,3	0,1	0,05	$6,0 \times 10^{-5}$
3	0,3	0,05	0,1	$1,2 \times 10^{-4}$
4	0,4	0,05	0,2	$3,2 \times 10^{-4}$
5	0,4	0,05	0,05	$8,0 \times 10^{-5}$

Determine la ley de velocidad de la reacción y el orden total de la reacción

b) Para la siguiente reacción, se determina experimentalmente que exhibe una cinética de primer orden:



A 300 K, la concentración de reactante se reduce a la mitad de su valor inicial después de transcurridos 83,33 minutos. En contraste, a 310 K la concentración inicial disminuye en un 50% después de 1000 segundos. En base a esto, determine:

i) La constante de velocidad (en s^{-1}) para la reacción a 300 K

ii) La energía de activación (E_a) de la reacción en kJ/mol

<u>Solución Parte a</u>

La ley de velocidad toma la forma: $v = k\,[CH_3COCH_3]^x[Br_2]^y[H^+]^z$

Para determinar ***x*** se dividen experimentos 5 y 1: **(4 puntos)**

$$\frac{8 \times 10^{-5}}{6 \times 10^{-5}} = \frac{k(0{,}4)^x(0{,}05)^y(0{,}05)^z}{k(0{,}3)^x(0{,}05)^y(0{,}05)^z}$$

$$1{,}333 = \frac{(0{,}4)^x}{(0{,}3)^x} = (1{,}333)^x$$

$$x = 1$$

Para determinar ***y*** se dividen experimentos 2 y 1: **(4 puntos)**

$$\frac{6 \times 10^{-5}}{6 \times 10^{-5}} = \frac{k(0{,}3)^x(0{,}1)^y(0{,}05)^z}{k(0{,}3)^x(0{,}05)^y(0{,}05)^z}$$

$$1 = \frac{(0{,}1)^y}{(0{,}05)^y} = (2)^y$$

$$y = 0$$

Para determinar ***z*** se dividen experimentos 4 y 5 (ó 3 y 1, mismo resultado): **(4 puntos)**

$$\frac{3{,}2 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-5}} = \frac{k(0{,}4)^x(0{,}05)^y(0{,}2)^z}{k(0{,}4)^x(0{,}05)^y(0{,}05)^z}$$

$$4 = \frac{(0{,}2)^z}{(0{,}05)^z} = (4)^z$$

$$z = 1$$

Por lo tanto la ley de velocidad toma la forma $v = k\,[CH_3COCH_3][H^+]$ **(1 punto)**

Solución parte b

i) Dado que la reacción es de primer orden, la vida media es dada por:

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

$$83{,}33\ minutos = 5000\ segundos$$

$$k = \frac{0.693}{5000\ s} = 1{,}39 \times 10^{-4} s^{-1}$$ **(3 puntos)**

ii) Para determinar la energía de activación se utiliza la fórmula de Ahrrenius, para lo cual se requiere la constante de velocidad a la segunda temperatura de 310 K.

$$k = \frac{0.693}{1000\ s} = 6{,}93 \times 10^{-4} s^{-1}$$

$$ln\frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R}\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$$

$$ln\frac{1{,}39 \times 10^{-4}}{6{,}93 \times 10^{-4}} = \frac{E_a}{R}\left[\frac{1}{310} - \frac{1}{300}\right]$$

$$-1{,}607 = \frac{E_a}{R}(-1{,}07 \times 10^{-4} K^{-1})$$

$$E_a = \frac{-1{,}607\left(8{,}3145\frac{J}{mol \cdot K}\right)}{-1{,}07 \times 10^{-4} K^{-1}}$$

$$E_a = 124{,}9\ \frac{kJ}{mol}$$ **(4 puntos)**

Pregunta 4 (20 puntos)

El pentacloruro de antimonio se descompone térmicamente dando una presión total de 2 atm, según la siguiente reacción:

$$SbCl_5\ (g) \leftrightarrow SbCl_3\ (g) + Cl_2\ (g)$$

Calcular:

a) El grado de disociación (α), sabiendo que la constante de equilibrio (Kp) a una temperatura de 450 K es 0,298.

b) Si al disminuir la temperatura a 350 K se obtienen las siguientes concentraciones en el equilibrio: Cl_2 = [0,62], $SbCl_3$ = [0,62] y $SbCl_5$ = [1,38], ¿Cuál será la concentración de cada una de las especies en equilibrio si el volumen disminuye a la mitad?

Desarrollo.

a) $SbCl_5\ (g) \leftrightarrow SbCl_3\ (g) + Cl_2\ (g)$

Inicial (mol/l)	n_0		
Cambio	$-n_0$	$n_0\alpha$	$n_0\alpha$
Equilibrio	$n_0(1-\alpha)$	$n_0\alpha$	$n_0\alpha$

Si: $Kp = \frac{P_{Cl2} * P_{SbCl3}}{P_{SbCl5}}$ Si aplicamos $Pa = Xa * P_T$

$Kp = \frac{X_{Cl2} * X_{SbCl3}}{X_{SbCl5}} * P_T$ **(2 puntos)**

Moles totales: $n_0(1-\alpha) + n_0\alpha + n_0\alpha = n_0(1+\alpha)$ **(2 puntos)**

$$Kp = \frac{[n_0\alpha / n_0(1+\alpha)]^2}{[n_0(1-\alpha)/ n_0(1+\alpha)]} * P_T \quad \textbf{(2 puntos)}$$

$$0.298 = \frac{[n_0\alpha / n_0(1+\alpha)]^2}{[n_0(1-\alpha)/ n_0(1+\alpha)]} * 2$$

Simplificando n_0 y despejando α, queda:

$$-1.149\ \alpha^2 + 0.149 = 0$$ **(2 puntos)**

La solución a esta ecuación es: $\alpha 1 = 0.36$ y $\alpha 2 = -0.36$.

El resultado más lógico es el **$\alpha 1$ (0.36 o 36 %)**. **(2 puntos)**

b) Con los datos iniciales se puede calcular la contante de equilibrio a esa temperatura:

$$Kc = \frac{[0.62]^2}{[1.38]} = 0.278$$ **(2 puntos)**

Si el volumen disminuye a la mitad las concentraciones se duplican y el equilibrio se desplaza hacia donde hay menos moles, entonces la ecuación queda:

$$SbCl_5\ (g) \leftrightarrow SbCl_3\ (g) + Cl_2\ (g)$$

Inicial (mol/L)	2.76	1.24	1.24
Cambio	x	-x	-x
Equilibrio	2.76+x	1.24-x	1.24-x

$$\frac{[1.24-x]^2}{[2.76+x]} = 0.278$$ **(2 puntos)**

La ecuación cuadrática es: $x^2 - 2.758 * x + 0.77 = 0$ **(3 puntos)**

Las soluciones a esta ecuación son: $x_1 = 0.315$ mol/L y $x_2 = 2.442$ mol/L. La solución lógica es la x_1. Por lo tanto, las nuevas concentraciones en el equilibrio son.

$Cl_2 = [1.24 - x] =$ **0.925 mol/L** **(1 puntos)**

$SbCl_3 = [1.24 - x] =$ **0.925 mol/L** **(1 puntos)**

$SbCl_3 = [2.76 + x] =$ **3.075 mol/L** **(1 puntos)**

Pregunta 5 (15 puntos)

El ácido clorhídrico es ampliamente utilizado en la industria minera para la refinación de minerales metálicos. Para la preparación de una disolución de ácido clorhídrico, un estudiante en práctica agrega un **volumen desconocido (X)** de disolución de ácido clorhídrico 0,1 mol/L a un matraz que contiene 25 L de una disolución de ácido clorhídrico al 10,5 %m/m de densidad 1,195 g/mL. La mezcla anterior se diluye con agua destilada, hasta obtener 500 L de una nueva disolución de ácido clorhídrico 0,2 mol/L, de densidad 1,025 g/mL. Determine:

a) El **volumen (X)** de ácido clorhídrico (10 puntos)
b) La concentración de la nueva disolución en % m/m y % m/V (5 puntos)

Datos: (M ácido clorhídrico= 36,5 g/mol)

Forma 1 de resolverlo:

- Transformo 10,5% m/m a C_M **(2 puntos)**

10,5 g en 100 g de disolución

n HCl = 10,5 g / 36,5 g/mol= 0,29 mol

V solución = m/d= 84 mL

C_M= 3,45 mol/L

C1x V1 = 500 L x 0,2M = n **(2 puntos)**

100 mol

mol proveniente de la solución 3,45 mol/L

3,45 mol /L * 25 L = 86,25 mol **(2 puntos)**

n provenientes de la solución 0,1 mol/L

100 mol – 86,25 mol= 13,75 mol **(2 puntos)**

13,75 mol = 0,1 mol /L * V

V = 137, 5 L **(2 puntos)**

Forma 2 de resolverlo:

- Transformo 10,5% m/m a C_M **(2 puntos)**

10,5 g en 100 g de disolución

n HCl = 10,5 g / 36,5 g/mol= 0,29 mol

V solución = m/d= 84 mL

C_M= 3,45 mol/L

n= 3,45 mol/L x 25 L= 86,25 mol **(2 puntos)**

- Se determina el número de mol total:

nT = 0,2 mol/L * 500 L= 100 mol **(2 puntos)**

n solución buscada: 100 – 86,25 mol= 13,75 mol **(2 puntos)**

13,75 mol = V x 0,1 mol/L

V= 137, 5 L **(2 puntos)**

Forma 3 de resolverlo:

- Transformo 10,5% m/m a C_M **(2 puntos)**

10,5 g en 100 g de disolución

n HCl = 10,5 g / 36,5 g/mol= 0,29 mol

V solución = m/d= 84 mL

C_M= 3,45 mol/L

C_1 x V_1 = C_2 x V_2 **(3 puntos)**

0,1 M x V_{HCl} = 0,2 M x 500 L

V_{HCl} = 1000 L

C_1 x V_1 = C_2 x V_2 **(3 puntos)**

0,1 M x V_{HCl} = 3,45 M x 25 L

V_{HCl} = 826,5 L

Restando los volúmenes de HCl involucrados en los dos pasos (1000 L- 826,5 L) se obtiene el volumen de HCl inicial que se usó = **137, 5L** **(2 puntos)**

b) (5 puntos)

Forma 1 de resolverlo:

0,2 mol/ L
d= 1,025 g/mL

0,2 mol en 1 L de solución
Transformo mol a masa **(1 punto)**

$\frac{36,5\ g}{1\ mol} = \frac{x}{0,2\ mol}$

X = 7,3 g

Transformo volumen a masa

$\frac{1,025\ g}{1\ mL} = \frac{x}{1000\ mL}$

X = 1025 g en 1 L **(1 punto)**

% m/m = $\frac{7,3\ g}{1025\ g}$ x 100% = 0,712 % m/m **(1,5 puntos)**

%m/V = $\frac{7,3\ g}{1000\ mL}$ x 100% = 0,73 % m/V **(1,5 puntos)**

Forma 2 de resolverlo:

Moles (n) total de HCl = 13,75 mol + 86,25 mol → provienen de cada concentración (3,45 M y 0,2 M respectivamente) **(1 punto)**

Masa (g) total de Hcl = 501,9 g + 3148,1 g = 3650 g **(1 punto)**

% m/m

d= m/V → 1.025 g/L = m / 500 L → m= 51.500 g disolución)

(3650 g HCl /512.500 g disolución) * 100 = 0,712 % **(1,5 puntos)**

% m/v

(3650 g HCl /500.000 mL disolución) * 100 = 0,73 % **(1,5 puntos)**