

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FISICOQUÍMICA

MANUAL DE PRÁCTICAS
LABORATORIO DE TERMODINÁMICA
CLAVE 1212

Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de FISICOQUÍMICA:

Dr. Sergio S. Rozenel Domenella
Revisado:

PRÁCTICA 10: DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA LIBRE DE GIBBS A PARTIR DE CONSTANTES DE EQUILIBRIO

➤ OBJETIVO(S) ACADÉMICO(S)

Cuantificar ΔG , ΔH y ΔS para el producto de solubilidad del borax

➤ PROBLEMA

A partir de la concentración de bórax disuelto en una solución saturada, encontrar los parámetros termodinámicos para la reacción de disociación.

➤ REACTIVOS

- Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Agua destilada
- Solución de ácido clorhídrico aproximadamente 0.1 M
- Carbonato de potasio

EQUIPO (enlistar en la tabla los equipos que se emplearán en la práctica)

- Balanza digital
- Solución de verde de bromocresol (indicador)
- 2 matraces Erlenmeyer de 500 mL

Material por equipo

3 matraces Erlenmeyer de 50 mL	1 termómetro
1 bureta 50 mL	Dos vidrios de reloj
Agitador magnético con barra magnética	Una espátula
Una pipeta volumétrica de 10 mL	
Un vaso de precipitados de 250 mL	

➤ DESARROLLO EXPERIMENTAL

PRIMERA PARTE: Determinación de la concentración de la disolución de ácido clorhídrico:

1. Pesar 0.200 g aproximadamente de carbonato de potasio en tres matraces Erlenmeyer de 50 mL y disolver con agua destilada.
2. Agregar una gota de indicador de verde de bromocresol.
3. Titular la disolución bajo agitación magnética utilizando la bureta.
4. Repetir el procedimiento para los otros dos matraces.
5. Calcular la concentración molar del ácido clorhídrico.

NOTA: el verde de bromocresol colorea de azul intenso las disoluciones básicas. Entre 3.8 y 5.4 de pH se vuelve azul verdoso y a valores de pH menores a 3.8 se observa como amarillo limón.

SEGUNDA PARTE: Determinación de K_{ps} y ΔG a temperatura ambiente y en baño de hielo.

1. Colocar en dos matraces Erlenmeyer de 500 mL aproximadamente 20 g de bórax en cada uno.
2. A cada matraz agregar aproximadamente 400 mL de agua destilada y una barra de agitación magnética.
3. Colocar uno de los matraces en baño de hielo y otro a temperatura ambiente por 10 minutos bajo agitación.
4. Detener la agitación y colocar un termómetro en cada matraz.
5. Dejar las soluciones sin moverlas durante 20 minutos para que el bórax no disuelto se asiente.
6. Registrar la temperatura del termómetro.
7. Tomar 2 alícuotas de 10 mL con una pipeta volumétrica, con mucho cuidado para evitar que el sólido precipitado se perturbe. Colocar cada una de las alícuotas en un matraz Erlenmeyer de 10 mL.
8. Agregar 10 mL de agua destilada y 1 gota de indicador a cada matraz.
9. Titular cada disolución con el ácido clorhídrico previamente estandarizado.
10. Repetir los pasos 6 a 9 para la disolución en baño de hielo.

NOTA. Los pK_a 's del ácido bórico son $pK_{a1} = 9.24$, $pK_{a2} = 12.74$ y $pK_{a3} = 13.80$.

Medidas de seguridad.

- Siempre utilizar lentes de seguridad.
- En caso de contacto del ácido con la piel lavarse la zona afectada en la tarja con mucha agua.

- No pipetear con la boca

➤ **CUESTIONARIO**

1. Llenar los siguientes datos:

Estandarización del ácido clorhídrico:

Masa 1 K_2CO_3 : _____

Masa 2 K_2CO_3 : _____

Masa 3 K_2CO_3 : _____

Masa molar carbonato de potasio (K_2CO_3) = _____ g/mol

Volumen 1 HCl (sol) _____

Volumen 2 HCl (sol) _____

Volumen 3 HCl (sol) _____

Concentración 1 HCl (sol) _____

Concentración 2 HCl (sol) _____

Concentración 3 HCl (sol) _____

Concentración promedio HCl _____

Titulación de la disolución de bórax a temperatura ambiente:

Temperatura: _____.

<i>Experimento</i>	<i>Vol. HCl</i>	<i>Moles HCl</i>	<i>Moles borato</i>	<i>Moles sodio</i>	<i>Conc. Borato (M)</i>	<i>Conc. Sodio (M)</i>
1						
2						

Concentración promedio borato: _____

Concentración promedio sodio: _____

Kps: _____

ΔG : _____

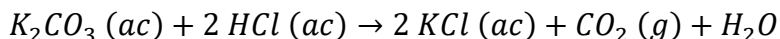
ΔH : _____

ΔS : _____

Manejo de datos y /o cálculos.

A.- Estandarización de la solución de ácido clorhídrico.

La reacción para estandarizar (determinar la concentración) de la disolución de ácido clorhídrico es:



Por lo tanto, la concentración de ácido será la mitad del número de moles ocupados.

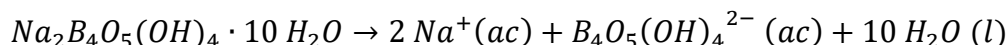
$$X(\text{mol } K_2CO_3) = \text{masa } K_2CO_3 \left(\frac{1 \text{ mol } K_2CO_3}{138.205 \text{ g}} \right)$$

Concentración del ácido:

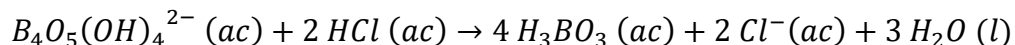
$$\text{Conc. HCl (M)} = X \text{ mol } K_2CO_3 \left(\frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol } K_2CO_3} \right) \left(\frac{1000 \text{ mL}}{Z \text{ mL HCl}} \right)$$

B.- Titulación de la disolución de bórax.

En agua, el bórax se disocia de acuerdo con la siguiente reacción:



La reacción para titular el bórax es:



La concentración de borato por lo tanto será igual a la mitad de los moles de HCl utilizados en relación al volumen requerido:

$$\text{mol borato} = X \text{ mL HCl (ac)} \left(\frac{\text{moles HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol borato}}{2 \text{ mol HCl}} \right)$$
$$\text{Conc. Borato} = \left(\frac{\text{mol borato}}{0.01 \text{ L}} \right)$$

La concentración de sodio será el doble que la de borato

$$\text{conc. Na} = 2 \text{ conc. borato}$$

C.- Determinación de Kps

$$Kps = [B_4O_5(OH)_4^{2-}][Na^+]^2$$

D.- Determinación de ΔG :

$$\Delta G = -RT \ln(K_{ps})$$

E.- Determinación de ΔH :

Una vez determinadas K_{ps} (r.t.) y K_{ps} (hielo):

$$\ln \frac{K_{ps} (r. t.)}{K_{ps} (hielo)} = \frac{\Delta H}{R}$$

Despejando:

$$\Delta H = R \frac{\ln \frac{K_{ps} (r. t.)}{K_{ps} (hielo)}}{\left(\frac{1}{T_{hielo}} - \frac{1}{T_{rt}} \right)}$$

F.- Determinación de ΔS :

El valor de ΔS se obtiene de graficar ΔG Vs T (K)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Donde la entropía corresponde a la pendiente. Como se consideran ΔH y ΔS independientes de T , entonces $\Delta H = \Delta H^\circ$ y $\Delta S = \Delta S^\circ$.

➤ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Practical Physical Chemistry by A. M. James and F. E. Prichard, Longmans, London.
- Experiments in Physical Chemistry by Shoemaker and Garland, McGraw Hill.
- Advanced Physical Chemistry Experiments by Gurtu and Gurtu, Pragati Prakashan Educational Publishers, 3rd Edition 2007.
- Physical Chemistry by G. M. Barrow, McGraw Hill, New York, 1996.
- Fundamentals of Physical Chemistry by Maron and Lando.
- Physical Chemistry by P. W. Atkins, ELBS, London, 1990 (Ed. 4).
- Applications of Chemistry II, Spring 2013: Experiment 5, Thermodynamics of Borax, Department of Chemistry, United States Air Force Academy, 2013.
- McClain, B., Lab Guide. College of Western Idaho, 2016
- <http://ramsey1.chem.uic.edu/chem118sp08/pdf/Borax4a.pdf>
- http://chem.ws/dl-1014/exp10-free_energy.pdf

Apéndice I: Conocimientos previos

1. Definir K_{ps} , ΔG , ΔH y ΔS .
2. Cuál es la fórmula de bórax y qué equilibrio se presenta en disolución.
3. En qué consiste una estandarización de un ácido
4. Cuál es la reacción para titular K_2CO_3 y bórax.

Apéndice II: Preparación de reactivos

- La disolución de ácido clorhídrico aproximadamente 0.1 M se prepara disolviendo 8 mL de HCl concentrado en agua destilada y llevando al aforo en un matraz aforado de 1 L.

Apéndice III: Disposición de residuos

- Los residuos de la práctica se tratan con bicarbonato de sodio hasta un pH básico y se desechan en la tarja

➤ ANEXOS

- a) Reglamento de Higiene y Seguridad para los Laboratorios de la Facultad de Química.
- b) Reglamento para los Estudiantes y Profesores de los Cursos Experimentales del Departamento de Físicoquímica.