

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**  
**DEPARTAMENTO DE FISICOQUÍMICA**

**MANUAL DE PRÁCTICAS**  
**LABORATORIO DE EQUILIBRIO TERMODINÁMICO**  
**CLAVE 1308**

**Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de Físicoquímica:**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Elaborado por:</b> | <b>Gerardo O. Hernández S.<br/>Minerva Téllez O.<br/>Ramiro Domínguez Danache</b> |
| <b>Revisado por:</b>  | <b>Aline Villarreal Medina<br/>José Luis López Cupil<br/>Aidee Vega Rodríguez</b> |

## Práctica 1. POTENCIALES TERMODINÁMICOS

### ➤ OBJETIVO GENERAL

Que el alumno conozca la importancia de los potenciales termodinámicos, su interpretación física y su aplicación en una reacción de óxido-reducción en una pila comercial.

### ➤ PROBLEMA

Determinar experimentalmente los potenciales termodinámicos ( $\Delta H^\circ_r$ ,  $\Delta S^\circ_r$  y  $\Delta G^\circ_r$ ) en el intervalo de temperatura de 283 a 313 K de la reacción de oxidoreducción que se efectúa en una pila comercial de óxido de plata-zinc ( $\text{Ag}_2\text{O}$ -Zn) y explicar su interpretación física.

### ➤ REACTIVOS

- 1 pila de  $\text{Ag}_2\text{O}$ -Zn de 1.55 V<sup>1</sup>
- Aceite de Nujol (en el matraz Erlenmeyer) \*<sup>1</sup>
- Agua
- Hielo

### ➤ EQUIPO

|  |  |
|--|--|
| 1 multímetro digital con resolución $\pm 1 \times 10^{-4}$ V   | 1 agitador de vidrio                       |
| 1 vaso de precipitados de 1000 mL  | 1 una resistencia eléctrica de tallo corto |
| 1 placa para agitación magnética.  | 1 matraz Erlenmeyer de 250 mL              |
| 1 barra magnética  |  |
| Equipo para el experimento que consiste en:<br>1 tapón de hule del No. 5 bihoradado<br>1 Portapilas<br>2 cables de conexión de banana (negro y rojo)<br>1 termómetro digital con resolución $\pm 0.1^\circ\text{C}$<br>Este equipo se entrega armado y se recomienda no remover el tapón para asegurar que el aceite de nujol no se contamine, |  |

<sup>1</sup> El equipo contiene aceite de Nujol y la pila.

## ➤ DESARROLLO EXPERIMENTAL

1. Encender el termómetro digital para verificar que la lectura sea en °C.
2. Verter en el vaso de precipitados 800 mL de agua y calentar con la resistencia hasta 70 °C (sumergir la resistencia antes de conectarla).
3. Dejar únicamente 300 mL de agua en el vaso, sumergir el matraz y asegurarse de que no se mueva. Revisar que el agua cubra el aceite de Nujol, en caso de que no lo haga agregar un poco más de agua.
4. Colocar el sistema en una placa para agitación magnética (dejar en agitación constante).
5. Dejar enfriar el matraz dentro del vaso y a partir de 50 °C realizar mediciones de la temperatura y voltaje cada 5 minutos.
6. Una vez que la temperatura se encuentra alrededor de 30 °C comenzar a agregar paulatinamente hielo al vaso de precipitados para obtener temperaturas más bajas, hasta alrededor de 10 °C. Considerar que para asegurar que el sistema se encuentra en equilibrio la rapidez de descenso de la temperatura debe de estar por debajo de 1 °C/min.
7. Una vez que la temperatura sea de alrededor de 10 °C, registrar la última medición.
8. Parar la agitación, retirar el matraz del vaso de precipitados.
9. Restaurar los equipos al estado en el cual fueron recibidos. No retirar el tapón del matraz en ningún momento del experimento.

## ➤ CUESTIONARIO

- a) Escribir la ecuación química que se lleva a cabo en la pila.
- b) Escribir la relación entre el trabajo eléctrico ( $W_{\text{elec}}$ ) y potencial eléctrico ( $E^\circ$ ) (por mol) en una celda electroquímica.
- c) Explicar cómo se calcula la cantidad de trabajo eléctrico ( $W_{\text{elec}}$ ) en Joules que realiza una celda electroquímica.
- d) Escribir la relación del cambio de la energía de Gibbs con el cambio de la entalpía y entropía para un sistema reaccionante (por mol).
- e) Explicar cómo se calcula  $\Delta G^\circ_r$ ,  $\Delta H^\circ_r$  y  $\Delta S^\circ_r$  a partir de valores molares de formación en condiciones estándar para un sistema reaccionante.
- f) Con los datos reportados en la tabla 1, trazar la gráfica  $\Delta G^\circ / (\text{J})$  vs  $T / (\text{K})$

**Tabla 1. Datos experimentales y magnitudes calculadas**

| Datos experimentales |         |                        | Magnitudes calculadas          |                               |
|----------------------|---------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| t / (°C)             | T / (K) | $E^\circ / (\text{V})$ | $W_{\text{elec}} / (\text{J})$ | $\Delta G^\circ / (\text{J})$ |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

g) ¿Cuáles son las propiedades que cambian durante el experimento?

h) ¿Qué propiedades no cambian durante el experimento?

i) Calcular el trabajo eléctrico de la reacción y cuál es su interpretación.

j) Para el experimento, calcular el  $\Delta G^\circ$  de la reacción a cada temperatura

k) Con base a los resultados experimentales (Gráfica 1). ¿Qué comportamiento presenta la relación entre  $\Delta G^\circ_r$  y T?

h) Determinar la pendiente y la ordenada al origen a partir de la ecuación obtenida de la Gráfica 1. Explicar su interpretación física.

i) A partir de datos reportados en la literatura para cada especie química que participa en la reacción redox dentro de la pila, calcular  $\Delta H^\circ_{mf}$  y  $S^\circ_m$  y compara estos valores con los datos obtenidos experimentalmente. Determinar el % de error encada caso. Anotar los resultados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Potenciales termodinámicos experimentales (en el intervalo de temperatura estudiados) y teóricos (298 K).

| Propiedad                      | Experimental | Teórica (298K) | % de Error |
|--------------------------------|--------------|----------------|------------|
| $\Delta H^\circ_r / (J/mol)$   |              |                |            |
| $\Delta S^\circ_r / (J/mol K)$ |              |                |            |

### ➤ ANÁLISIS DE RIESGOS

| Tarea                                   | Riesgos identificados  | Nivel de riesgo | Medidas de control / Trabajo seguro   |
|---|--|-----------------|---|
| Calentar agua con resistencia eléctrica | Explosión de la resistencia por sobrecalentamiento<br>Ebullición descontrolada del | <b>BAJO</b>     | Se explica a los estudiantes con detalle, antes de la manipulación de la resistencia la manera más segura de hacerlo (Introducir la resistencia al agua y luego conectar, no retirar la |

|  |   |             |  |
|--|---|-------------|--|
|  | agua en el vaso de precipitados<br>Quemadura con agua hirviendo<br>Quemaduras en cara y ojos con restos de la resistencia en caso de explosión de esta. |             | resistencia del agua mientras este conectada)<br>La temperatura solicitada para llevar a cabo el experimento se encuentra por debajo de la temperatura de ebullición.<br>Se solicita que los estudiantes y profesores porten bata y lentes de seguridad. |
| Manipulación del matraz que contiene aceite de Nujol | Intoxicación por aspiración del aceite de Nujol.  | <b>BAJO</b> | El matraz se entrega cerrado con un tapón de hule para que los estudiantes no tengan contacto con el aceite. En caso de ser necesario se pide que se usen guantes.   |

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkins, P., de Paula, J., & Keeler, J. (2018). *Physical Chemistry* (11.ª ed.). Oxford University Press, USA.
- Chang, R. (2022). *Fisicoquímica* (4.ª ed.). McGRAW HILL EDUCATION.
- Castellan, G. (1987). *Fisicoquímica* (2.ª ed.). Pearson Educación.
- Levine, I. (1996). *Fisicoquímica* (4.ª ed.). McGraw Hill.

### Apéndice I: Conocimientos previos

1. Energía de Gibbs
2. Constante de Equilibrio
3. Trabajo eléctrico
4. Reacción redox
5. Entalpía

### Apéndice II: Preparación de reactivos

No hay preparación de reactivos en esta práctica.

### Apéndice III: Disposición de residuos

| Residuo | Riesgo | Tratamiento |
|---------|--------|-------------|
|---------|--------|-------------|

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>Aceite de nujol</b></p>             | <p>Es tóxico si se llega a aspirar. Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias. No contiene sustancias nocivas para el entorno o no degradables en las estaciones de tratamiento.</p> | <p>Guardar el aceite de nujol en un recipiente para reutilizarlo en prácticas posteriores.</p>  |
| <p><b>Pilas de Ag<sub>2</sub>O-Zn</b></p> | <p>El envejecimiento de la pila puede producir electrólisis, y con ello la fuga de hidrógeno, produciendo la salida del electrolito, la cual es alcalina y corrosiva.</p>  | <p>Las pilas que ya hayan cumplido con su vida útil deberán ser recolectadas en lugares específicos para tratamiento adecuado que les dan diversas empresas. No desechar a la basura, suelos o depósitos de agua.</p> |

➤ **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.