

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:

Roeb García Arrazola	
Rosa María Villegas Ortega	

PRÁCTICA 3. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FASES DEL CICLOHEXANO

➤ OBJETIVO(S) ACADÉMICO(S)

I. OBJETIVO GENERAL

Analizar el diagrama de fases de una sustancia pura, construido a partir de datos de presión y temperatura obtenidos a través de diferentes métodos experimentales.

II. OBJETIVOS PARTICULARES

- Comprender la información que proporcionan la regla de las fases de Gibbs y la ecuación de Clausius-Clapeyron.
- Experimentar los equilibrios entre las diferentes fases (sólido, líquido, vapor).
- Distinguir las propiedades termodinámicas involucradas en la transición de fases.

➤ PROBLEMA

Diagramar el diagrama de fases del ciclohexano a partir de datos obtenidos en la literatura, experimentales y calculados.

➤ REACTIVOS (enlistar en la tabla los reactivos que se emplearán en la práctica)

Hielo	
Sal de cocina	
Ciclohexano (puro)	

*Ver Apéndice II

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

Material por grupo

Manómetro de mercurio		Matraz bola 1 L con tapón trihoradado, varilla de vidrio y mangueras de látex	
Bomba de vacío con trampa		Soporte universal con pinza	
Sistema de destilación simple			

*El sistema de destilación simple y el sistema del punto triple se entregan armados.

Material por equipo

Recipiente para baño de hielo	1	Charola de plástico de 30 cm x 20 cm x 15 cm	1
Termómetro de mercurio de -1 a 101 °C	1	Tubo de ensaye de 12 x 150 mm ó 15 mL con tapón y termómetro	1

➤ **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

- Adicionar al matraz de bola aproximadamente 200 ml de ciclohexano e introducir el termómetro en el tapón de tal modo que al ponerlo al matraz se encuentre sumergido en el líquido.
- Conectar el manómetro al matraz de bola y éste a la bomba de vacío de tal manera que no se tengan fugas.
- Determinar la presión manométrica y la temperatura antes de conectar la bomba de vacío.
- Introducir el matraz dentro del baño de hielo y dejar enfriar a 5°C.
- Conectar la bomba de vacío y hacer el vacío.
- Determinar las condiciones de presión y temperatura bajo las cuales se presenta el equilibrio sólido-líquido-vapor (el punto triple).
- Colocar en un tubo de ensayo 10 mL de ciclohexano e introducir un termómetro y todo esto a su vez a un baño de hielo con sal. Determinar la temperatura de equilibrio líquido-sólido a la presión del lugar.
- Montar un sistema de destilación y determinar la temperatura de ebullición a la presión atmosférica.

➤ **CUESTIONARIO**

Las siguientes preguntas permiten orientar al alumno a la resolución del problema planteado en la práctica y fortalecer el área cognitiva ANÁLISIS.

1. ¿Qué representa un diagrama de fases?
2. ¿Cuáles ecuaciones modelan el equilibrio Líquido-Sólido-Vapor?
3. Expresar la regla de las fases de Gibbs. y explicar qué información proporciona en la construcción del diagrama de fases.
4. Definir los conceptos de componente, fase y grado de libertad.
5. Escribir las ecuaciones de Clapeyron y Clausius-Clapeyron, indicar el significado de los términos que aparecen en ellas y explicar en qué casos de equilibrio de fases se aplica cada una.
6. Explicar qué representa el punto triple en un diagrama de fases. Proporcionar dos ejemplos.
7. Definir los términos siguientes: temperatura de fusión, temperatura de ebullición, temperatura crítica, presión crítica, entalpía de fusión, entalpía de vaporización.
8. Investigar en la literatura los datos siguientes para el ciclohexano: temperatura de fusión normal, temperatura de ebullición normal, temperatura crítica, presión crítica, entalpía de fusión, entalpía de vaporización.

9. Calcular la temperatura en un punto de equilibrio L-V cercano a la temperatura de ebullición normal usando la ecuación de Clausius-Clapeyron y el dato de temperatura de ebullición normal que encuentre en la literatura.

10. Calcular la temperatura en un punto de equilibrio L-V cercano a la temperatura de ebullición obtenida a la presión atmosférica del lugar de trabajo usando la ecuación de Clausius-Clapeyron y el dato de temperatura de ebullición y presión atmosférica que mediste en el laboratorio.

11. Calcular la entalpía de sublimación a partir de las de fusión y vaporización. 12. Calcular una temperatura en un punto de equilibrio S-V usando la ecuación de Clausius-Clapeyron y el dato de temperatura del punto triple.

13. Calcular la temperatura en un punto de equilibrio S-L cercano a la temperatura de fusión normal usando la ecuación de Clapeyron y el dato de temperatura de fusión normal que encuentre en la literatura.

14. Calcular la temperatura en un punto de equilibrio S-L cercano a la temperatura de fusión obtenida a la presión atmosférica del lugar de trabajo usando la ecuación de Clapeyron y el dato de temperatura de fusión y presión atmosférica que mediste en el laboratorio.

15. Los cálculos de los incisos 9, 10, 12, 13 y 14 se repiten para obtener tantos puntos como te indique tu profesor.

13. Trazar el diagrama de fases presión (mmHg) en función de temperatura (K) para el ciclohexano con los datos medidos en el laboratorio, los investigados en la literatura y los obtenidos en las preguntas 9 a 15.

Un listado de los conocimientos previos que deben poseer los estudiantes se muestra en el apéndice I.

➤ ANÁLISIS DE RIESGOS

Tarea	Riesgos identificados	Nivel de riesgo	Medidas de control / Trabajo seguro
Congelación del ciclohexano	Irritación cutánea	BAJO	Los estudiantes deben realizar esta operación utilizando guantes de nitrilo.
Determinación del punto triple del ciclohexano	Irritación de vías respiratorias por inhalación de ciclohexano.	BAJO	El sistema para determinación del punto triple se usa sólo unos minutos de la sesión, adicionalmente se colocan trampas refrigeradas para atrapar los vapores de ciclohexano que se pudieran generar. En caso de que el aroma a ciclohexano (característico) sea perceptible se activan las campanas extractoras.

Uso del sistema de destilación	Ruptura del matraz de ebullición por sobrecalentamiento. Ruptura del termómetro por sobrepresión del equipo. Irritación de vías respiratorias por inhalación de ciclohexano.	MEDIO	Para manipular el sistema se coloca una cantidad ligeramente superior al 50% de la capacidad del matraz y durante su operación se cuida que el nivel no baje más allá de 1/3 de la capacidad del matraz. El profesor y el laboratorista supervisan el equipo durante la práctica, monitoreando continuamente la temperatura. En caso de que el aroma a ciclohexano (característico) sea perceptible se activan las campanas extractoras.
--------------------------------	--	--------------	--

➤ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castellan, G. (1987). Físicoquímica. 2ª Edición, Addison-Wesley Iberoamericana, USA.

Laidler, K. (1997). Físicoquímica. CECSA, México.

UAM (2006). Fundamentos de termodinámica. Obtenido el 18 de agosto de 2006 en: <http://joule.qfa.uam.es/beta-2.0/temario/tema5/tema5.php>.

Riddick, J., Bunger, W., Sakano, T. (1970). Organic Solvents. Physical Properties and Methods of Purification. Vol. II Techniques of Chemistry. 4a. edición, Ed. John Wiley and Sons, New York.

The Merck Index (1996). S. Budavary (ed.). Twelfth edition, Merck and Co., Inc. Whitehouse Station, New York.

Apéndice I: Conocimientos previos

La siguiente es una lista de conceptos que permiten al estudiante entender la práctica a realizar y la resolución del problema planteado:

- Diagrama de fases
- Equilibrio Líquido-Sólido-Vapor
- Ecuación de Clausius-Clapeyron e integrada de Clapeyron
- Punto triple en un diagrama de fases
- Punto de fusión y punto de ebullición
- Regla de fases de Gibbs
- Grados de libertad

Apéndice II: Preparación de reactivos

Solución de ciclohexano (C_6H_{12}): La solución de ciclohexano se emplea sin diluciones.

Apéndice III: Disposición de residuos

No se produce ningún tipo de residuo ya que el ciclohexano es recuperado para su reutilización.

➤ **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 Fisicoquímica