

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE FISICOQUIMICA

MANUAL DE PRÁCTICAS
LABORATORIO DE TERMODINÁMICA
CLAVE 1212

Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de FISICOQUIMICA:

Elaborado por: Dr. Gerardo Omar Hernández Segura

Revisado por: Dra. Aline Villarreal Medina

M. en D. Ricardo Manuel Antonio Estrada Ramírez
--

Agradecemos a la DGAPA por los recursos otorgados mediante el proyecto PAPIME PE 102122 para el desarrollo de este protocolo.
--

PRÁCTICA: CAPACIDAD TÉRMICA

➤ OBJETIVO GENERAL

Determinar experimentalmente la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de una masa de metal.

➤ OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar experimentalmente las propiedades termodinámicas capacidad térmica y capacidad térmica específica de una masa de metal y explicar sus diferencias.
- Construir la gráfica del calor cedido por el metal (Q_{metal}) como función del cambio de temperatura del metal (ΔT_{metal}), y obtener de ella la capacidad térmica de los cilindros de metal.
- Calcular la capacidad térmica específica del material con el que están hechos los cilindros metálicos, a partir de su capacidad térmica y de su masa total.
- Comparar el valor experimental de la capacidad térmica específica con el valor teórico informado en la literatura, determinando el % error correspondiente.

➤ PROBLEMA

A través de una interacción energética entre dos sistemas obtener la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de un metal.

➤ REACTIVOS

Cuatro cilindros metálicos con orificio de diferentes materiales como cobre, aluminio o latón.

Agua del grifo.

*Ver Apéndice II

➤ MATERIAL

- 1 calorímetro de 200 mL.
- 1 hielera de unicel de 3 L.
- 1 parrilla de agitación.
- 1 barra magnética de ½ in.
- 1 vaso de precipitados de 600 mL.
- 1 probeta de 100 mL.
- 1 resistencia eléctrica.
- 1 carrete de hilo de nylon.
- 1 rollo de sevitoallas.

➤ EQUIPO

- 1 balanza analítica (± 0.001 g).
- 1 termómetro de columna de mercurio (± 1 °C).
- 1 termómetro digital (± 0.1 °C).
- 1 termostato recirculador digital sumergible (± 0.1 °C).

➤ DESARROLLO EXPERIMENTAL

Primera parte: determinación de la constante de calorímetro

1. Depositar 90 mL de agua fría (temperatura ambiente) en el calorímetro.
2. Introducir la barra magnética dentro del calorímetro y colocar este sobre la parrilla de agitación. Encender la agitación y esperar 2 min para que se alcance el equilibrio térmico y medir dicha temperatura ($T_{H_2O,f}$).
3. Calentar 500 mL agua hasta que alcance su temperatura de ebullición.
4. Medir con la probeta 90 mL de agua caliente y registrar su temperatura con el termómetro de Hg, de tal manera que $T_{H_2O,c} \geq 78^\circ\text{C}$.
5. Añadir los 90 mL de agua caliente al calorímetro.
6. Registrar la temperatura máxima alcanzada (T_{eq}).
7. Llenar la siguiente tabla con los datos experimentales:

Propiedad:	Valor:
masa de agua fría $m_{H_2O, fría}$ (g):	
temperatura del agua fría $T_{H_2O, fría}$ (°C):	
masa de agua caliente (g):	
temperatura del agua caliente $m_{H_2O, caliente}$ (°C):	
temperatura de equilibrio T_{eq} (°C):	
constante del calorímetro K (cal/°C):	

8. Calcular la constante del calorímetro (en cal/°C), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q_{ganado} = -Q_{cedido}$$
$$Q_{H_2O, fría} + Q_K = -Q_{H_2O, caliente}$$
$$m_{H_2O, fría} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{H_2O, fría}) + K (T_{eq} - T_{H_2O, fría}) = -m_{H_2O, caliente} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{H_2O, caliente})$$
$$K = \frac{-m_{H_2O, fría} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{H_2O, fría}) - m_{H_2O, caliente} c_{H_2O} (T_{eq} - T_{H_2O, caliente})}{(T_{eq} - T_{H_2O, fría})}$$

Segunda parte: determinación de la capacidad térmica y de la capacidad térmica específica.

1. Pesar los cuatro cilindros metálicos juntos en la balanza digital y anotar su masa total (m_{metal}).
2. Amarrar los cuatro cilindros juntos con un trozo de 20 cm de hilo de nylon y sumergirlos en el baño a 40°C durante 2 min, anotando dicha temperatura (T_{metal}).
3. Depositar 90 mL de agua fría (temperatura ambiente) en el calorímetro.
4. Introducir la barra magnética dentro del calorímetro y colocar este sobre la parrilla de agitación.
5. Encender la agitación y esperar 2 min para que se alcance el equilibrio térmico y medir dicha temperatura (T_{H_2O}).
6. Transferir los cilindros de metal rápidamente, del baño al calorímetro. Esperar al menos 3 min, anotando dicha temperatura de equilibrio (T_{eq}).
7. Descartar el agua del calorímetro del experimento anterior.
8. Colocar nuevamente 90 mL de agua fría (temperatura ambiente) en el calorímetro.
9. Introducir la barra magnética dentro del calorímetro y colocar este sobre la parrilla de agitación.
10. Encender la agitación y esperar 2 min para que se alcance el equilibrio térmico y medir dicha temperatura (T_{H_2O}).
11. Repetir el experimento, modificando cada vez la temperatura del baño de agua a 50, 60 y 70°C y realizando los pasos anteriores.

➤ **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

1. A partir de los datos experimentales obtenidos, llene la siguiente tabla:

Exp.:	T_{H_2O} (°C)	T_{metal} (°C)	T_{eq} (°C)	ΔT_{H_2O} (°C)	ΔT_{metal} (°C)	Q_{H_2O} (cal)	Q_K (cal)	Q_{metal} (cal)
1								
2								
3								
4								

2. Calcular el cambio de temperatura del agua, usando la ecuación:

$$\Delta T_{H_2O} = T_{eq} - T_{H_2O}$$

3. Calcular el cambio de temperatura del metal, empleando la ecuación:

$$\Delta T_{metal} = T_{eq} - T_{metal}$$

4. Determinar el calor absorbido por el agua:

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} c_{H_2O} \Delta T_{H_2O}$$

5. Obtener el calor absorbido por el calorímetro, con ayuda de la ecuación:

$$Q_K = K \Delta T_{H_2O}$$

6. Calcular el calor cedido por los cilindros de metal, a partir de la ecuación:

$$Q_{metal} = -(Q_{H_2O} + Q_K)$$

7. Construir la gráfica de Q_{metal} (cal) vs ΔT_{metal} ($^{\circ}C$) y determinar la pendiente a partir de la regresión lineal. Asimismo, con el valor de la pendiente, obtener la capacidad térmica (en cal/ $^{\circ}C$). El modelo ajustado al conjunto de datos experimentales es:

$$Q_{metal} = C_{metal} \Delta T_{metal}$$

donde "x" corresponde a ΔT_{metal} ($^{\circ}C$), "y" corresponde a Q_{metal} (cal), en tanto que la pendiente representa a C_{metal} (cal/ $^{\circ}C$).

8. Calcular la capacidad térmica específica a c_{metal} (cal/g $^{\circ}C$), utilizando la capacidad térmica C_{metal} (cal/ $^{\circ}C$) y la masa total de los cilindros metálicos m_{metal} (g).

$$c_{metal} = \frac{C_{metal}}{m_{metal}}$$

9. Comparar el valor experimental de la capacidad térmica específica obtenida con el valor informado en la literatura, calculando % Error:

$$\% Error = \left| \frac{c^{teo} - c^{exp}}{c^{teo}} \right| \times 100$$

➤ REFLEXIONAR Y RESPONDER

Se determinaron experimentalmente la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de unos cilindros de metal, cuya masa total es de 26.998 g. Para este fin, se realizaron dos procedimientos experimentales:

A) Para el primer procedimiento experimental, se determinó la constante del calorímetro mediante el método de mezclas. Para ello, se colocaron 90 g de agua fría al interior del calorímetro, alcanzándose una temperatura de 18.6 $^{\circ}C$ y después, se añadieron 90 g de agua caliente a 78 $^{\circ}C$. Después de cierto tiempo, se determinó la temperatura de equilibrio, la cual fue de 45.7 $^{\circ}C$. La capacidad térmica específica del agua es de 1 cal/g $^{\circ}C$. Determinar la constante del calorímetro.

B) Para el segundo procedimiento experimental, se determinaron las siguientes propiedades, con el fin de obtener la capacidad térmica y la capacidad térmica específica, empleando en cada experimento, una masa de agua de 90 g a temperatura ambiente, de acuerdo con la siguiente tabla:

Exp.:	T_{H_2O} ($^{\circ}C$)	T_{metal} ($^{\circ}C$)	T_{eq} ($^{\circ}C$)	ΔT_{H_2O} ($^{\circ}C$)	ΔT_{metal} ($^{\circ}C$)	Q_{H_2O} (cal)	Q_K (cal)	Q_{metal} (cal)
1	19.1	40.0	20.5					
2	18.8	50.0	20.8					
3	18.6	60.0	21.3					
4	18.7	70.0	21.9					

Obtener la capacidad térmica, así como la capacidad térmica específica de los cilindros de metal. Determinar de qué material están elaborados los cilindros con base en la siguiente tabla y calcular el % error.

Metal:	c_{metal} (cal/g°C)
cobre	0.092
aluminio	0.217
latón	0.091

Apéndice I: Conocimientos previos

Lista de conceptos que permita al estudiante entender la práctica a realizar y la resolución del problema planteado.

- 1.- ¿Qué es la capacidad térmica y cuáles son sus unidades?
- 2.- ¿Qué es la capacidad térmica específica y cuáles son sus unidades?
- 3.- ¿Qué tipo de propiedades termodinámicas corresponden la capacidad térmica y la capacidad térmica específica? ¿por qué?
- 4.- ¿Cuál es el concepto de calor y de qué factores depende?
- 5.- ¿Cómo se calcula el calor transferido?
- 6.- ¿A qué tipo de función termodinámica corresponde el calor? ¿por qué?
- 7.- ¿Qué es la constante del calorímetro y en qué unidades se expresa?
- 8.- ¿Cuál es el propósito de determinar experimentalmente la constante del calorímetro?

Apéndice II: Preparación de reactivos

No hay preparación de reactivos en esta práctica

Apéndice III: Disposición de residuos

No se generan residuos. Se recomienda recolectar el agua utilizada en una cubeta para su posterior 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.

➤ REFERENCIAS

Hernández Segura G. O., Estrada Ramírez R. M. A., González Rivera A. S., Pérez Sereno D. Y. y Rangel Tenorio R. D. "Determinación de las entalpías de disolución para sales inorgánicas en medio acuoso" *Colección Memorias de los Congresos de la Sociedad Química de México. 4º Congreso Internacional de Educación Química-Modalidad híbrida, octubre 2023.*

Chang, R. (2008). *Fisicoquímica*. (pp. 81–92, 98–104). Mc Graw Hill.

Atkins, P., De Paula, J. (2012). *Chimie* (pp. 559–697). De Boeck.

Laidler, K. J., Meiser, J. H. (2009). *Fisicoquímica*. (pp. 45–69). Grupo Editorial Patria.

Wagner, W. and Pruß, A. (2002). The IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. *J. Phys.Chem. Ref. Data*, 31 (2), 387–535. <http://dx.doi.org/10.1063/1.555926>

Evaluation of measurement data-Guide to the expression of uncertainty in measurement JCGM 100: 2008. *Bureau des Poids et Mesures.*

https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf

Serway, R. A., Faughn, J. S. (2003). *College Physics*. (pp. 334–335). Thompson.

➤ AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la DGAPA por los recursos otorgados mediante el proyecto PAPIME PE 102122 "Actualización de la enseñanza experimental en Termodinámica 1212", para el desarrollo de este protocolo.