

# Calor de neutralización

### Objetivo

Determinar el calor de neutralización de una reacción química por calorimetría.

### Fundamento teórico

El dispositivo ideal requerirá producir la reacción en un calorímetro aislado térmicamente del exterior (sistema adiabático). Mantener los reactivos aislados entre sí y en equilibrio térmico a la temperatura inicial  $T_i$ , que sería también la temperatura inicial del calorímetro y de los aparatos necesarios para producir o detectar la marcha de la reacción, como, por ejemplo, el termómetro, el agitador, el embudo de carga, etc.

En un momento dado se abre el embudo de carga del ácido y la reacción comienza. La temperatura de todo el sistema aumenta como consecuencia de la absorción del calor de reacción por el propio sistema, debiendo observar el valor de la temperatura final de equilibrio.

Una vez conocido el incremento de la temperatura ( $T_{\text{Final}} - T_{\text{Inicial}}$ ) calcularemos el calor desprendido por medio de la ecuación:

$$Q = \sum (m_i c_i) T$$

donde  $m_i$  = masa de cada uno de los componentes, y  $c_i$  = sus calores específicos. El subíndice "i" tendrá los siguientes significados:

- Disolución del ácido.
- Disolución de la base.

Los calores específicos de las disoluciones ácida y básica serán muy próximos a los del agua ( $1\text{cal/g}^\circ\text{C}$ ) por lo que tomaremos este valor sin introducción de error significativa.

### Experimental

### •Material

Calorímetro compuesto por una vaso Dewars con tapón de cierre hermético, termópar y termómetro electrónico, embudo de carga y varilla agitadora; probeta de 100 ml; vasos de precipitados de 100 y 400 ml; pipeta de 10 ml; espátula y balanza. Hidróxido sódico y ácido nítrico.

### •Calorímetro

El calorímetro a utilizar será un vaso Dewars o recipiente de doble pared de vidrio entre las cuales se ha hecho el vacío. El vacío evita pérdidas de calor por conducción y convección. Además tiene una superficie reflectante (espejo de plata que evita las pérdidas de radiación. Ahora bien, esto no evita que el propio vidrio, en contacto con la disolución, absorba un cierto calor, y lo mismo se puede decir del termópar, del agitador y del embudo de carga. Para conocer la capacidad calorífica de todos estos elementos se puede realizar una experiencia muy sencilla que describimos a continuación.

*Determinación de la capacidad calorífica del calorímetro y demás componentes del mismo.* (Equivalente en agua del calorímetro): se trata de determinar la capacidad calorífica  $G_{nc_i}$  de todos los elementos que van a absorber calor durante el experimento. Esta cantidad es equivalente a una masa de agua adicional cuya capacidad calorífica sería

$$G_{nc_i} = Eq c_{H_2O}$$

donde  $c_{H_2O} = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ grado}^{-1}$

Para determinar  $Eq$  se puede hacer un experimento previo con la misma cantidad de líquido que se vaya a utilizar posteriormente en la reacción. Si cogemos dos masas de agua a diferentes temperaturas y se mezclan en el calorímetro, si no hubiera absorción de calor por parte del calorímetro la temperatura final  $T_F$  vendría dada por

$$c_{H_2O} M_2 (T_2 - T_F) = c_{H_2O} M_1 (T_F - T_1)$$

donde  $T_1 < T_2$ . Sin embargo, como hay una cierta cantidad de calor absorbida por el calorímetro, la ecuación aplicable en realidad es

$$c_{H_2O} M_2 (T_2 - T_F) = c_{H_2O} (M_1 + Eq)(T_F - T_1).$$

Conocido  $M_2$ ,  $T_2$ ,  $M_1$ ,  $T_1$  y  $T_F$ , podemos obtener  $Eq$ , lo cual era nuestro objetivo. Utilizamos para  $M_1 = 250$  gramos,  $T_1 =$  temperatura ambiente,  $M_2 = 100$  gramos y  $T_2 = 45$  °C. Mezclando ambas masas en el interior del calorímetro determinaremos  $T_F$  y de esa manera obtendremos el valor de  $Eq$  de la ecuación anterior. El valor de  $Eq$  obtenido en estas condiciones es

$$c_{H_2O} Eq = 34 \text{ cal/}^\circ\text{C}.$$

$Eq$  representa la masa de agua que absorbería una cantidad de calor de  $34 \text{ cal por grado}$  equivalente al *calor absorbido por grado* de todos los componentes del calorímetro, incluido el propio calorímetro, al realizar la reacción de neutralización que vamos a estudiar y por tanto tendrá que ser tenido en cuenta en la determinación del calor de neutralización.

## •Procedimiento

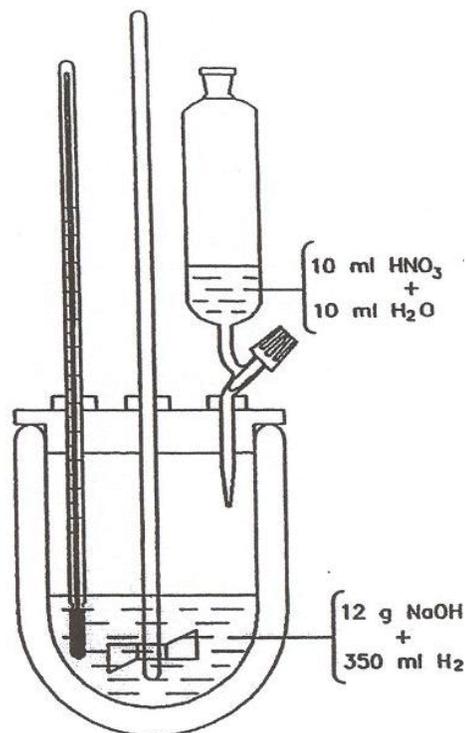
### Determinación del calor de neutralización.

Se disuelven 12 gramos de hidróxido sódico en 350 ml de agua y se vierten al calorímetro. El embudo de carga se llena con 10 ml de agua y 10 ml de ácido nítrico concentrado 15 M (densidad  $1.38 \text{ g/cm}^3$ ). Una vez dispuestos los reactivos se cierra el calorímetro y se espera a que la temperatura se estabilice, observándola cada minuto. Cuando se obtengan al menos tres lecturas de temperatura iguales se anota ésta como temperatura inicial  $T_i$ . Se procede a abrir el embudo y se agita la mezcla, observando siempre el termómetro, y se anota la temperatura estabilizada más alta que se obtenga, que será  $T_f$ . Una vez determinado  $\Delta T$  se calcula el calor de reacción con la siguiente expresión:

$$Q = (M_{H^+} C_{e_i} + M_{OH^-} C_{e_i} + E_q c_{H_2O}) \Delta T$$

donde se supone:

$$C_e(\text{ácido}) = C_e(\text{base}) = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ grado}^{-1}$$



## Resultados y discusión

**Medidas experimentales:** Indique solamente el valor experimental obtenido para cada una de las magnitudes indicadas, acompañado de las unidades correspondientes

Temperatura inicial	$T_i =$
Temperatura final	$T_f =$
Diferencia de temperatura	$\Delta T = T_f - T_i =$
Equivalente térmico del calorímetro	$E_q = 34 \text{ cal / } ^\circ\text{C}$
Densidad del agua	$D_{\text{agua}} =$
Densidad del ácido	$D_{\text{ácido}} =$
Calor específico del agua	$C_{e_{\text{agua}}} =$
Calor específico de las disoluciones	$C_{e_{\text{ácido}}} \cdot C_{e_{\text{base}}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} =$
Masa de NaOH	$m_{\text{NaOH}} =$
Volumen de $\text{HNO}_3$	$V_{\text{HNO}_3} =$
Volumen de agua disolución ácida	$V_{\text{agua}} =$
Volumen de agua disolución básica	$V_{\text{agua}} =$

**Errores directos de los dispositivos y medidas directas:** Determine los errores teóricos de los diferentes dispositivos utilizados en medidas directas. No olvide incluir las unidades correspondientes.

Temperatura inicial	) $T_i =$
Temperatura final	) $T_f =$
Diferencia de temperatura	) $\Delta T =$
Equivalente térmico del calorímetro	) $E_q = \pm 0.5 \text{ cal / } ^\circ\text{C}$
Peso balanza	) $m =$
Volumen pipeta	) $V_{pip} =$
Volumen probeta	) $V_{prob} =$
Densidad del agua	) $D_{agua} =$
Densidad del ácido	) $D_{ácido} =$
Calor específico del agua	) $Ce_{agua} =$

**Determinación del calor de reacción:** A partir de las magnitudes experimentales que ha medido, puede obtenerse el calor puesto en juego por la reacción de neutralización considerada. La expresión matemática que liga estas variables, tiene tres contribuciones: el calor absorbido por la disolución ácida (*ac*), el absorbido por la disolución básica (*bas*) y el que absorbe el calorímetro (*cal*)

$$Q_{reaccion} = Q_{ac} + Q_{bas} + Q_{cal}$$

siendo cada uno de los términos

$$Q_{ac} = M_{ac} Ce_{ac} \theta$$

$$Q_{bas} = M_{bas} Ce_{bas} \theta$$

$$Q_{cal} = E_q \theta$$

La masa de las disoluciones se calcula sumando la masa de agua (disolvente) y la masa de soluto. En cada caso se han determinado siguiendo procedimientos diferentes. Calcúlelas sin incluir, de momento, el error.

$$M_{ac} = m_{HNO_3} + m_{agua} = \rho_{HNO_3} V_{HNO_3} + \rho_{agua} V_{agua} =$$

$$M_{bas} = m_{NaOH} + m_{agua} = m_{NaOH} + \rho_{agua} V_{agua} =$$

Puede ahora proceder a calcular el calor de reacción

$$Q_{ac} =$$

$$Q_{bas} =$$

$$Q_{cal} =$$

$$Q_{reacción} =$$

**Determinación del error:** Es evidente que el cálculo del calor es un proceso indirecto, lo cual nos obliga a actuar consecuentemente en la determinación de su error. La forma más sencilla de abordar este proceso es calcular el error de cada una de las tres contribuciones, teniendo en cuenta que son en realidad productos de magnitudes y de ellas es a su vez compuesta. Procure por tanto descomponer al máximo las expresiones. Los errores de las magnitudes directas ya los tiene determinados al inicio de este cuestionario.

Es conveniente que ensaye primero los cálculos en una hoja de borrador. Después, traslade a esta hoja de respuesta. Escriba aquí una indicación de las expresiones, valores y operaciones, suficientemente claro. Recuerde que son tan solo operaciones matemáticas y no debe redondearlas en cada paso intermedio. Proporcione todos los resultados (provisionales) con varias cifras decimales.

- Variables intermedias:

$$\Delta m_{HNO_3} =$$

$$\Delta m_{\text{agua}})_{ac} =$$

$$\Delta m_{NaOH} =$$

$$\Delta m_{\text{agua}})_{bas} =$$

- Términos de calor:

$$\Delta Q_{ac} =$$

$$\Delta Q_{bas} =$$

$$\Delta Q_{cal} =$$

$$) Q_{reacción} =$$

Finalmente, redondee adecuadamente el error y exprese el resultado final definitivo

$$Q_{reacción} =$$