

## DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO DE UN SÓLIDO

### INTRODUCCIÓN

- Calor es energía en tránsito entre sistema y medio o entre sistemas termodinámicos que se transfiere en virtud únicamente, de una diferencia de temperatura entre ellos.-

- Si durante esa transferencia de calor el sistema experimenta un cambio de temperatura, el mismo recibe el nombre de calor sensible, entonces se define la capacidad calorífica media del sistema a la razón:

$$C_{med} = Q / (T_f - T_i) = Q / \Delta T$$

Si  $\Delta T \rightarrow 0$ , la cantidad de calor intercambiado será muy pequeña y la indicaremos  $dQ$  (no es una diferencial exacta).

Se define ahora la capacidad calorífica instantánea o verdadera  $C$  como:

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} Q / \Delta T = dQ / dT$$

- Considerando que el sistema tiene una masa  $m$ , se define calor específico,  $c$ , a la razón:

$$c = C / m = dQ / m dT$$

Las unidades del calor específico se expresan en cal/gm-grado, o en Kcal/Kgm-grado, o en Btu/lbm-grado, en este último caso los grados son Fahrenheit o Rankine.-

Si la masa del sistema se expresa en moles siendo,  $n$ , el número de moles, se define el calor específico molar o simplemente calor molar de una sustancia:

$$c = C / n = dQ / n dT \quad (\text{cal} / \text{mol-grado})$$

- Cuando la variación de temperatura es relativamente pequeña, se puede considerar que el calor específico es constante, caso contrario debe tenerse en cuenta que varía con la temperatura, y adoptar las ecuaciones que dan esa ley de variación, o adoptar el calor específico medio entre las dos temperaturas usadas.-

- Por esta razón cuando se define por ejemplo, la caloría (cal) como unidad de calor, se dice que es la cantidad de calor que es necesario suministrar a un gramo masa de agua para elevar su temperatura en un grado Celsius (de 14.5 °C a 15.5°C).-

- También el valor del calor específico varía según las condiciones (o transformación), en que se le entrega calor al cuerpo o sistema, pudiendo adoptar valores que van de menos infinito a más infinito, pasando por cero.-

- Muchas de las medidas de calores específicos de las sustancias se hacen con el sistema a presión constante. Esta puede ser la presión atmosférica o

no. El calor específico obtenido en esta condición se llama calor específico (o molar si está la masa en moles) a presión constante y se representa por  $c_p$ .

$$c_p = dQ_p / (m dT)$$

• A continuación se da una tabla de calores específicos de algunas sustancias tomados a 25 °C ( 298 °K) y presión atmosférica normal(1.013bar).-

<b>Sustancia</b>	<b><math>c_p</math> (cal/gm-grado)</b>
Aluminio	0.215
Cobre	0.092
Hierro	0.107
Plomo	0.031
Mercurio	0.033
Tungsteno	0.032
Helio	1.24
Nitrógeno	0.25
Oxígeno	0.22
Carbono (diamante)	0.121
Agua	1.00
Hielo (-10 °C)	0.50
Alcohol etílico	0,60
Vidrio	0.016
Bronce	0.094
Madera	0.42

• Los calores específicos de los sólidos parecen variar dentro de amplios márgenes de un material a otro. Sin embargo si consideramos el calor específico molar a  $v=cte.$ , que es la capacidad calorífica por mol de sustancia, encontramos que para temperaturas superiores al 0 °C, casi todos los sólidos tienen un mismo valor del calor específico molar a  $v=cte.$  :

$$c_v^*=6 \text{ cal / mol-grado}$$

• En general para los gases perfectos y algunos cuerpos condensados se considera que  $c_p$  y  $c_v$  son funciones únicas de la temperatura.- Suele emplearse fórmulas empíricas tipo parabólicas para obtener el valor de  $c$ :

$$c_p = a + b t + e t^2$$

donde a, b y e son coeficientes para cada sustancia, válido para los rangos de temperatura para los cuales han sido calculados.- A partir de ecuaciones como la expresada, se confeccionan tablas de calores específicos medios.-

## CALORIMETRÍA

- Calorimetría es la rama de la Física que se ocupa de la medición de las cantidades de calor intercambiadas por los sistemas.

Q (cantidad de calor) depende de la transformación o proceso seguido por el sistema.-

- Admitamos las siguientes condiciones:
  - El estado físico del sistema en cuestión no cambia (sin cambio de fase),-
  - la temperatura T es uniforme en todo el sistema.-
  - La composición química o alotrópica del sistema no cambia
  - El proceso es reversible.-
  - El volumen y la presión del sistema no cambian (suponiendo que se trata de sólidos y líquidos que sufren pequeñas variaciones de temperaturas).-

- Tendremos en cuenta que en un sistema aislado, en el que existen cuerpos a distintas temperaturas, las sumas de las cantidades de calor cedidas por los cuerpos mas calientes ( $Q_{ced}$ ), es igual a las cantidades de calor absorbidas por los más fríos ( $Q_{ab}$ ).

$$Q_{ced} = Q_{abs} \quad \rightarrow \quad Q_{ced} - Q_{abs} = 0$$

## MEDIDAS CALORIMÉTRICAS - CALORÍMETROS DE MEZCLAS

- Los calorímetros son equipos para medir cantidades de calor. En general se los utiliza para medir calores específicos y de transformación de las sustancias (calores latentes).-
- Existen distintos tipos de calorímetros, vamos a describir el que usaremos en la práctica, que es el calorímetro de mezcla, también denominado calorímetro de agua. Es el más simple, fácilmente realizable y muy apto para sólidos y líquidos.-
- El principio de funcionamiento es el siguiente:

Cuando dos sistemas a diferente temperatura se introducen en un recinto adiabáticamente aislado, el de mayor temperatura cede cierta cantidad de calor y el de menor temperatura absorbe igual cantidad de manera que los sistemas alcanzan y quedan finalmente a la misma temperatura. Un recinto que se aproxima al adiabático es un vaso Dewar o Termo. En nuestro caso usaremos un simple vaso de telgopor.

### **OPERACIÓN BÁSICA:**

**Sistema 1:** Lo constituye una masa  $M_s$  de material bajo estudio de calor específico  $c_s$ , a temperatura  $T_s$  generalmente superior a la temperatura ambiente. Se encuentra inicialmente fuera del recinto adiabático.

**Sistema 2:** Lo constituye una masa  $M_a$  de agua pura en el vaso calorimétrico de calor específico  $c_a = 4180 \text{ J/kg}$  que se encuentra a la temperatura inicial  $T_i$  generalmente igual o inferior a la temperatura ambiente.

Se introduce en el calorímetro el sistema 1 y se agita ligeramente el agua con la punta termométrica hasta que se alcanza una temperatura final estable  $T_f$ .

$$-T_s > T_f > T_i$$

La disminución de temperatura que experimenta el sistema 1 significa que el mismo ha cedido una cantidad de calor:

$$Q_{ced} = M_s c_s (T_s - T_f)$$

Esta misma cantidad de calor ha sido absorbida por el agua y como su temperatura se elevó a  $T_f$ , podemos expresar:

$$Q_{abs} = M_a c_a (T_f - T_i)$$

Si no hubo fugas térmicas estas cantidades son iguales:

$$M_s c_s (T_s - T_f) = M_a c_a (T_f - T_i)$$

#### **EXPERIENCIA:**

##### ***Determinación de calores específicos de algunos metales.***

Contamos con muestras de cobre, aluminio y plomo de masas próximas a 200 g. Se pesan las muestras. Calentaremos las muestras suspendidas de un cordel plástico introduciéndolas en una caldera con agua en ebullición. Se alcanza así una temperatura  $T_s$  de alrededor de  $98^\circ\text{C}$ , que medimos con la punta termométrica. Se pesa el vaso calorimétrico limpio y seco. Se lo llena aproximadamente hasta la mitad con agua pura y se pesa nuevamente para obtener la masa de agua incorporada por diferencia de pesadas. Se mide cuidadosamente la temperatura del agua. Conviene que sea alrededor de  $10^\circ\text{C}$  inferior a la temperatura ambiente. Esta es la temperatura  $T_i$  que se registra. Se saca la muestra de la caldera y se la introduce rápidamente en el vaso. La muestra debe quedar totalmente sumergida. Se agita suavemente con la punta termométrica observando el calentamiento del agua. La temperatura irá creciendo hasta alcanzar un valor máximo y empezar lentamente a decaer. Esta temperatura máxima es  $T_f$ , que será algunos grados superior a la temperatura ambiente.

La razón de comenzar la operación de mezcla con el agua a temperatura inferior a la del ambiente es minimizar los errores provenientes de las fugas térmicas. Si el proceso de mezcla empieza a temperatura inferior a la del ambiente y termina a temperatura superior, durante el lapso en que la temperatura del agua es inferior, entrará calor espúreo desde el medio ambiente y saldrá del calorímetro hacia el ambiente durante la parte final del proceso. De esta manera las fugas tienden a cancelarse, disminuyendo el error. El calor específico del material ensayado resulta:

$$c_s = \frac{M_a c_a (T_f - T_i)}{M_s (T_s - T_f)}$$

**APELLIDO Y NOMBRE:** ..... **GRUPO:** .....

**FECHA:** .....

**VALORES Y CÁLCULO DE LA PRÁCTICA**

**EXPERIENCIA:**

- a) material de la muestra: .....  
c<sub>s</sub> de tabla = .....  
M<sub>s</sub> = .....
- b) Masa del vaso de telgopor vacío = M<sub>v</sub>.....  
(M<sub>v</sub> + M<sub>a</sub>) = .....  
M<sub>a</sub> = .....
- c) T<sub>i</sub> = .....
- d) T<sub>s</sub> = .....
- e) Introducir la sustancia sólida a t<sub>s</sub>, en el calorímetro.-
- f) T<sub>f</sub> = .....
- g) c<sub>s</sub> = .....
- h) error % =