

# Capacidad calorífica

Julio E. Rodríguez L.  
Universidad Nacional de Colombia

## 1. Capacidad calorífica

Cuando un sistema absorbe calor puede o no tener lugar una variación de su temperatura, dependiendo de la naturaleza del proceso. Si un sistema experimenta un cambio de temperatura de  $T_i$  a  $T_f$  durante la transferencia de  $Q$  unidades de calor, se define como capacidad calorífica media del sistema la razón:

$$C = \frac{Q}{T_f - T_i} \quad (1)$$

Si tanto  $Q$  como  $(T_f - T_i)$  se hacen pequeños, esta razón tiende hacia el valor instantáneo de la capacidad calorífica  $C$ :

$$C = \frac{\delta Q}{dT} \quad (2)$$

Así, la capacidad calorífica de un cuerpo es el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema y el cambio de temperatura que experimenta. En una forma menos formal podría decirse que es la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura un determinado sistema. Indica la mayor o menor dificultad que presenta dicho cuerpo para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. También se puede interpretar como una medida de *inercia térmica*.

La capacidad calorífica es una propiedad extensiva, teniendo en cuenta que su magnitud depende tanto de la materia, como de la cantidad de materia del cuerpo o sistema, mientras que el **calor específico**  $c$ , es una propiedad intrínseca de una sustancia en particular, es decir es una propiedad de carácter intensivo. El calor específico se expresa como:

$$\text{calor específico} = c = \frac{\delta Q}{\Delta T} \quad (3)$$

En general, la capacidad calorífica depende tanto de la temperatura como de la presión, si ignoran cambios de la energía cinética y la potencial y se supone una sustancia bajo un proceso en cuasiequilibrio, para el cual el trabajo está dada por la ecuación:

$$\delta Q = dU + \delta W = dU + PdV \quad (4)$$

Esta expresión se puede evaluar para dos casos separados:

1. Volumen constante, en donde el término de trabajo ( $PdV$ ) es cero, de modo que el calor específico (a volumen constante) es:

$$c_v = \frac{1}{m} \left( \frac{\delta Q}{\delta T} \right)_v = \frac{1}{m} \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_v = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_v \quad (5)$$

2. Presión constante, para el cual se puede integrar el término de trabajo y los términos  $PV$  resultantes en los estados inicial se puede asociar con los términos de la energía interna, con lo que se llega a la conclusión de que la transferencia de calor se puede expresar en términos del cambio de entalpía. El calor específico correspondiente (a presión constante) es:

$$c_p = \frac{1}{m} \left( \frac{\delta Q}{\delta T} \right)_p = \frac{1}{m} \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_p = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_p \quad (6)$$

Es importante notar que en cada uno de estos casos la expresión resultante solo contiene propiedades termodinámicas, de donde se concluye que el calor específico debe ser en sí una propiedad termodinámica.

Formalmente, se puede decir que en un sistema termodinámico, el cual se encuentra en un estado  $A$ . Se define la capacidad calorífica  $C_c$  asociada a un determinado proceso cuasiestático  $c$  que parte de  $A$  y finaliza en el estado  $B$

como el límite del cociente entre la cantidad de calor  $Q$  absorbido por el sistema y el incremento de temperatura  $\Delta T$  que experimenta cuando el estado final  $B$  tiende a confundirse con el inicial  $A$ , es decir:

$$C_c = \lim_{A \rightarrow B} \left( \frac{Q}{\Delta T} \right)_c = \left( \frac{\delta Q}{dT} \right)_c \quad (7)$$

La capacidad calorífica es, de este modo, una variable termodinámica y está perfectamente definida en cada estado de equilibrio del sistema (el signo  $\delta Q$  indica que no hay una función  $Q$  cuya diferencial sea precisamente  $\delta Q$ , es decir, no es una diferencial exacta).

## 2. La práctica

### 2.1. Conservación de la energía

Cuando dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas, si se ponen en contacto se transfiere energía en forma de calor del sistema más caliente al más frío. En esta práctica se propone mezclar agua caliente y fría y determinar si la energía se conserva durante el proceso.

- Determine la masa de un calorímetro vacío,  $M_{cal}$ . Llénelo con agua fría hasta aproximadamente un tercio de su capacidad y determine la masa del calorímetro con agua,  $M_{cal} + \text{agua fría}$ . Haga lo mismo con otro calorímetro pero utilice agua caliente (aproximadamente  $20^\circ C$  por encima de la temperatura ambiente). Mida las correspondientes temperaturas,  $T_{cal}$  y  $T_{fría}$ . Inmediatamente después añada el agua caliente al agua fría y agite con el termómetro hasta que se establezca la temperatura de la mezcla. Anote la temperatura de mezcla,  $T_{final}$ . Repita el experimento para distintas masas de agua a diferentes temperaturas.
- Calcule  $\Delta Q_{cal}$  y  $\Delta Q_{fría}$ , el calor intercambiado por el agua caliente y fría, respectivamente, y saque sus conclusiones acerca de la conservación de la energía en el proceso.

### 2.2. Determinación del calor específico de un sólido

En esta parte de la práctica se pretende medir el calor específico de algunos metales, para ello:

- Mida  $M_{cal}$ , la masa del calorímetro (seco y vacío), y  $M_{muestra}$  para cada una de las muestras metálicas a ser medidas. Coloque la muestra en medición en un baño térmico (agua hirviendo) hasta que esté en equilibrio a la temperatura  $T_{ini}$ . Ponga en el calorímetro tanta agua fría como sea necesaria y mida su temperatura,  $T_{fría}$  (cual debe ser la cantidad de agua más adecuada, que implicaciones tendrá llenar el calorímetro o utilizar poca cantidad?). Inmediatamente después saque la muestra del agua hirviendo, suspéndala en el agua fría (si es posible sin que toque el fondo del calorímetro, porque es esto conveniente?). Revuelva el agua hasta que la temperatura se estabilice y mida su valor,  $T_{final}$ .
- Determine el calor específico de la masa en estudio a partir de las masas del calorímetro, del agua depositada en él, de la muestra, y los calores específicos del agua y el calorímetro y las diferencias de temperatura, teniendo en cuenta que:

$$M_{muestra} \cdot c_{muestra} (T_{ini} - T_{final}) = M_{agua} \cdot c_{agua} (T_{final} - T_{fría}) \quad (8)$$

donde  $c_{mueptstra}$  es el calor específico de la muestra y  $c_{agua}$  el calor específico del agua. Determine si es necesario modificar esta relación?. A partir de este procedimiento determine el calor específico  $c_{muestra}$  para cada muestra utilizada.

## 3. Preguntas

1. Cuando un cuerpo caliente cede calor a otro frío, son sus cambios de temperatura iguales en magnitud?, podría decirse que la temperatura pasa del uno al otro?.
2. Qué conexión hay entre la sensación de que un objeto esté caliente o frío y su capacidad calorífica?.
3. Se conserva la temperatura de un sistema aislado ( es decir que no interactúa con su medio ambiente).
4. Puede la capacidad calorífica ser negativa, cero, positiva o infinita?. Justifique sus respuesta y de ejemplos.

---