



Universidad Autónoma Chapingo
Dpto. de Preparatoria Agrícola
Área de Física



Física Básica Experimental

“Intercambio de calor”

Enero del 2023



Se define el calor como transferencia de energía debido a una diferencia de temperaturas. Para que se lleve a cabo la transferencia, se requiere que los sistemas o los cuerpos con diferente temperatura, estén en contacto térmico. Si la pared es aislante, no existirá transferencia de calor, aunque haya diferencia de temperatura.





Cuando se ponen en contacto térmico dos o más cuerpos a diferente temperatura, existe un intercambio de calor en el cual los cuerpos calientes ceden calor a los cuerpos fríos. Si este intercambio de calor se lleva a cabo dentro de una pared aislante, entonces la suma de calores cedidos y absorbidos es igual a cero.

Matemáticamente se tiene:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

Donde n es el número de cuerpos que intercambian calor.



Como ejemplo, supongamos que un termo contiene 250 g de café a 90°C y se le agregan 20 g de leche a 5°C. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla? Tanto el café como la leche tienen el mismo calor específico: 1 cal/g°C.

Solución: la suma del calor cedido por el café más el calor absorbido por la leche es igual a cero, considerando que el termo no absorbe o cede calor.

Matemáticamente se tiene:

$$Q_{Café} + Q_{Leche} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{Café} c_{Café} \Delta t_{Café} + m_{Leche} c_{Leche} \Delta t_{Leche} = 0$$





Como los calores específicos son iguales, se eliminan:

$$m_{Café} \Delta t_{Café} + m_{Leche} \Delta t_{Leche} = 0$$

Sustituyendo las temperaturas finales e iniciales:

$$m_{café} (t - t_{0_{Café}}) + m_{Leche} (t - t_{0_{Leche}}) = 0$$

Estamos suponiendo que las temperaturas finales son iguales para el café y la leche. Distribuyendo la multiplicación, se tiene:

$$m_{Café} t - m_{Café} t_{0_{Café}} + m_{Leche} t - m_{Leche} t_{0_{Leche}} = 0$$





Despejando la temperatura final, se tiene:

$$t = \frac{m_{Café} t_{0_{Café}} + m_{Leche} t_{0_{Leche}}}{m_{Café} + m_{Leche}}$$

Sustituyendo, se tiene:

$$t = \frac{(250 \text{ g})(90^{\circ}C) + (20 \text{ g})(5^{\circ}C)}{(250 \text{ g}) + (20 \text{ g})} = 83.70^{\circ}C$$

Que corresponde con la temperatura final de la mezcla.



Como siguiente ejemplo, supongamos que un termo contiene 400 g de café a 80°C y se le agregan 50 g de leche a 15°C. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla? Tanto el café como la leche tienen el mismo calor específico: 1 cal/g°C.

Solución:

La suma del calor cedido por el café más el calor absorbido por la leche es igual a cero, considerando que el termo no absorbe o cede calor.

Matemáticamente se tiene:

$$Q_{Café} + Q_{Leche} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{Café} c_{Café} \Delta t_{Café} + m_{Leche} c_{Leche} \Delta t_{Leche} = 0$$





Como los calores específicos son iguales, se eliminan:

$$m_{Café} \Delta t_{Café} + m_{Leche} \Delta t_{Leche} = 0$$

Sustituyendo las temperaturas finales e iniciales:

$$m_{café} (t - t_{0_{Café}}) + m_{Leche} (t - t_{0_{Leche}}) = 0$$

Estamos suponiendo que las temperaturas finales son iguales para el café y la leche. Distribuyendo la multiplicación, se tiene:

$$m_{Café} t - m_{Café} t_{0_{Café}} + m_{Leche} t - m_{Leche} t_{0_{Leche}} = 0$$





Despejando la temperatura final, se tiene:

$$t = \frac{m_{Café} t_{0_{Café}} + m_{Leche} t_{0_{Leche}}}{m_{Café} + m_{Leche}}$$

Sustituyendo, se tiene:

$$t = \frac{(400 \text{ g})(80^{\circ}C) + (50 \text{ g})(15^{\circ}C)}{(400 \text{ g}) + (50 \text{ g})} = 72.77^{\circ}C$$

Que corresponde con la temperatura final de la mezcla.



Como siguiente ejemplo, supongamos que un termo contiene 150 g de agua a 4°C. Dentro de él se colocan 90 g de un metal a 100°C. Después de que se estableció la temperatura de equilibrio, la temperatura final fue de 21°C. ¿Cuál es el calor específico del material? Considérese que no hay pérdidas de calor en el termo.

Solución:

La suma del calor absorbido por el agua más el calor cedido por el metal es igual a cero, considerando que el termo no absorbe o cede calor.

Matemáticamente se tiene:

$$Q_{\text{Agua}} + Q_{\text{Metal}} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{\text{Agua}} c_{\text{Agua}} \Delta t_{\text{Agua}} + m_{\text{Metal}} c_{\text{Metal}} \Delta t_{\text{Metal}} = 0$$



Despejando el calor específico del metal:

$$c_{Metal} = \frac{-m_{Agua} c_{Agua} \Delta t_{Agua}}{m_{Metal} \Delta t_{Metal}}$$

Como:

$$m_{Agua} = 150 \text{ g}, \quad m_{Metal} = 90 \text{ g}, \quad c_{Agua} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}},$$

$$t = 21^{\circ}\text{C}, \quad t_{0_{Agua}} = 4^{\circ}\text{C} \quad y \quad t_{0_{Metal}} = 100^{\circ}\text{C}$$



Sustituyendo, se tiene:

$$c_{Metal} = \frac{-(150 \text{ g}) \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (21^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C})}{(90 \text{ g})(21^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C})} = 0.3586 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$



Como siguiente ejemplo, supongamos que un recipiente de cobre de 200 g contiene 150 g de aceite a 20°C. Al aceite se le agregan 80 g de aluminio a 300°C. ¿Cuál será la temperatura final del sistema después que se establezca el equilibrio? $c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$, $c_{Al} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ y $c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

Solución:

La suma del calor absorbido por el cobre y el aceite más el calor cedido por el aluminio es igual a cero, es decir:

$$Q_{Cu} + Q_{Aceite} + Q_{Al} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{Cu} c_{Cu} (t - t_{0_{Cu}}) + m_{Aceite} c_{Aceite} (t - t_{0_{Aceite}}) + m_{Al} c_{Al} (t - t_{0_{Al}}) = 0$$



Despejando el calor específico del metal:

$$t = \frac{m_{Cu} c_{Cu} t_{0Cu} + m_{Aceite} c_{Aceite} t_{0Aceite} + m_{Al} c_{Al} t_{0Al}}{m_{Cu} c_{Cu} + m_{Aceite} c_{Aceite} + m_{Al} c_{Al}}$$

Como:

$$m_{Cu} = 200 \text{ g}, \quad m_{Aceite} = 150 \text{ g}, \quad m_{Al} = 80 \text{ g}$$

$$c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}, \quad c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \quad y \quad c_{Al} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}},$$

$$t_{0Cu} = 20^{\circ}\text{C}, \quad t_{0Aceite} = 20^{\circ}\text{C} \quad y \quad t_{0Al} = 300^{\circ}\text{C}$$



Sustituyendo, se tiene:

$$t = \frac{(200 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (20^{\circ}\text{C}) + (150 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (20^{\circ}\text{C}) + (80 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (300^{\circ}\text{C})}{(200 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (150 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (80 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right)}$$

Por lo que la temperatura final es de:

$$t = 71.75^{\circ}\text{C}$$



Como siguiente ejemplo, supongamos que un recipiente de cobre de 300 g contiene 200 g de aceite a 10°C. Al aceite se le agregan 100 g de aluminio a 200°C. ¿Cuál será la temperatura final del sistema después de que se establezca el equilibrio? $c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$, $c_{Cu} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ y $c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ de

Solución:

La suma del calor absorbido por el cobre y el aceite más el calor cedido por el aluminio es igual a cero, es decir:

$$Q_{Cu} + Q_{Aceite} + Q_{Al} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{Cu} c_{Cu} (t - t_{0_{Cu}}) + m_{Aceite} c_{Aceite} (t - t_{0_{Aceite}}) + m_{Al} c_{Al} (t - t_{0_{Al}}) = 0$$



Despejando el calor específico del metal:

$$t = \frac{m_{Cu} c_{Cu} t_{0_{Cu}} + m_{Aceite} c_{Aceite} t_{0_{Aceite}} + m_{Al} c_{Al} t_{0_{Al}}}{m_{Cu} c_{Cu} + m_{Aceite} c_{Aceite} + m_{Al} c_{Al}}$$

Como:

$$m_{Cu} = 300 \text{ g}, \quad m_{Aceite} = 200 \text{ g}, \quad m_{Al} = 100 \text{ g}$$

$$c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}, \quad c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \quad y \quad c_{Al} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}},$$

$$t_{0_{Cu}} = 10^{\circ}\text{C}, \quad t_{0_{Aceite}} = 10^{\circ}\text{C} \quad y \quad t_{0_{Al}} = 200^{\circ}\text{C}$$



Sustituyendo, se tiene:

$$t = \frac{(300 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (10^{\circ}\text{C}) + (200 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (10^{\circ}\text{C}) + (100 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (200^{\circ}\text{C})}{(300 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (200 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (100 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right)}$$

Finalmente, se tiene:

$$t = 42.47^{\circ}\text{C}$$





Como siguiente ejemplo, supongamos que un recipiente de cobre de 400 g contiene 300 g de aceite a 0°C . Al aceite se le agregan 200 g de aluminio a 150°C . ¿Cuál será la temperatura final del sistema después de que se establezca el equilibrio? $c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$, $c_{Al} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$ y $c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$

Solución:

La suma del calor absorbido por el cobre y el aceite más el calor cedido por el aluminio es igual a cero, es decir:

$$Q_{Cu} + Q_{Aceite} + Q_{Al} = 0$$

Sustituyendo, se tiene:

$$m_{Cu} c_{Cu} (t - t_{0_{Cu}}) + m_{Aceite} c_{Aceite} (t - t_{0_{Aceite}}) + m_{Al} c_{Al} (t - t_{0_{Al}}) = 0$$



Despejando el calor específico del metal:

$$t = \frac{m_{Cu} c_{Cu} t_{0_{Cu}} + m_{Aceite} c_{Aceite} t_{0_{Aceite}} + m_{Al} c_{Al} t_{0_{Al}}}{m_{Cu} c_{Cu} + m_{Aceite} c_{Aceite} + m_{Al} c_{Al}}$$

Como:

$$m_{Cu} = 400 \text{ g}, \quad m_{Aceite} = 300 \text{ g}, \quad m_{Al} = 200 \text{ g}$$

$$c_{Cu} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}, \quad c_{Aceite} = 0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \quad y \quad c_{Al} = 0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}},$$

$$t_{0_{Cu}} = 0^{\circ}\text{C}, \quad t_{0_{Aceite}} = 0^{\circ}\text{C} \quad y \quad t_{0_{Al}} = 150^{\circ}\text{C}$$



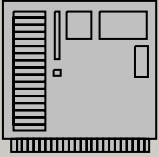
Sustituyendo, se tiene:

$$t = \frac{(400 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (0^{\circ}\text{C}) + (300 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (0^{\circ}\text{C}) + (200 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) (150^{\circ}\text{C})}{(400 \text{ g}) \left(0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (300 \text{ g}) \left(0.37 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) + (200 \text{ g}) \left(0.21 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right)}$$

Finalmente, se tiene:

$$t = 33.12^{\circ}\text{C}$$





Atentamente:

Dr. Guillermo Becerra Córdova

Página: <http://virtual.chapingo.mx/fis>