Tipos de Energía

David Gómez

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Física de Calor y Ondas

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

22 de noviembre de 2023

Índice

1. Manifestaciones de la energía en sistemas termodinámicos **2**

2. Tipos de Intercambio de Energía entre Sistemas Termodinámicos **4**

2.1. Ejemplo Numéríco: Conductividad 4

2.2. Ejemplo Numérico: Radiación 7

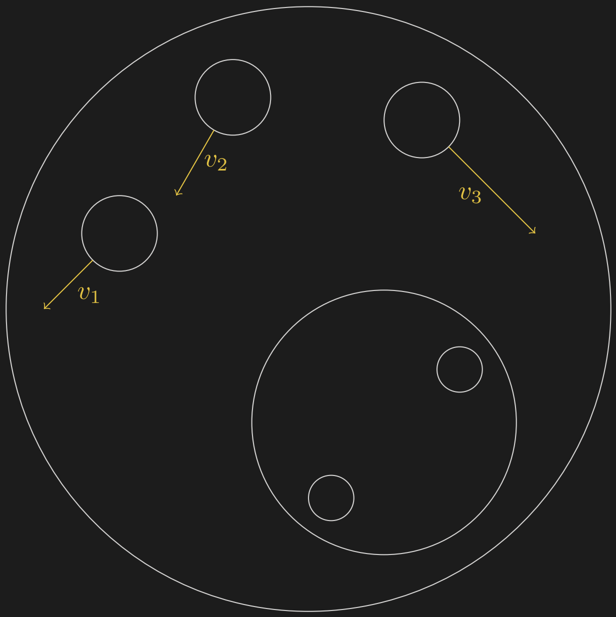
1. Manifestaciones de la energía en sistemas termodinámicos

La energía se manifiesta de tres maneras en un sistema:

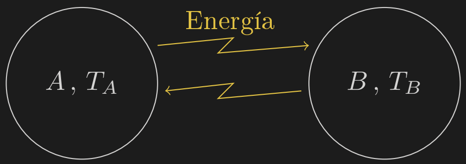
(I) Energía cinética de sus partes

(II) Energía potencial entre sus partes

(III) Energía potencial dentro de sus partes



Entre dos sistemas termodinámicos, a diferente temperatura, los cuales se encuentran en contacto térmico; La energía de tipo calor (Q) que cede el sistema a mayor temperatura causa una disminución de la energía cinética de sus partes, mientras que el sistema receptor la absorbe a modo de energía cinética o potencial (cualquiera de las dos potenciales).



Si la temperatura del sistema receptor no es cercana a las temperaturas de transición de fase de este, la energía que que absorbe lo hace en modo de energía cinética, lo que significa que su temperatura cambia de forma lineal.

Sean T la temperatura del sistema receptor como función del tiempo, T_0 la temperatura inicial de este, m su masa y c el calor específico de la sustancia. Entonces:

$$Q = m\,c\,(T - T_0)$$

$$\equiv$$

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = m\,c$$

El calor específio, es una constante que indica la cantidad de energía requerida para hacer que el sistema cambie su temperatura. Nótese que $[c] = \mathrm{J/Kkg}$

Por otro lado, si la temperatura del sistema receptor, es cercana o igual a las temperaturas de transición de fase de este, la energía que absorbe lo hace en modo de energía potencial, lo que significa que su temperatura no varía, manteniendo una temperatura constante durante dicha transición de fase.

Sea m la masa del sitema receptor y L_f el calor latente de transición de fase. Entonces:

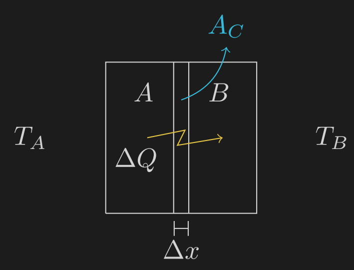
$$Q = m\,L_f$$

El calor latente mide la cantidad de enería requerida para que una cantidad de masa experimente la transición. Nótese que $[L_f] = \mathrm{J/kg}$

2. Tipos de Intercambio de Energía entre Sistemas Termodinámicos

(I) El intercambio de energía de tipo calor, tiene más de una modalidad.

Una de estas es llamada "conducción". Por ejemplo, considerando la siguiente situación:



Un bloque de un mismo material, una de sus caras se encuentra a una temperatura T_A y la opuesta a una temperatura T_B, y centrandonos en un pedazo del bloque con ancho Δx y área A_C. Como las temperaturas son diferentes, hay un flujo de calor. En este caso (conducción), se cumple que:

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = k\, A_C\, \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x}$$

Donde k resulta ser la conductividad térmica de la sustancia del bloque. Nótese que $[k] = \mathrm{W/mK}$.

2.1. Ejemplo Numéríco: Conductividad

Una ventana de espesor $L = 2\,\mathrm{mm}$, con sección transversal $A_C = 2 \times 10^6\,\mathrm{mm}^2$, conductividad térmica $k = 0.8\,\mathrm{W/mK}$. Sometida a una temperatura constante por un lado $T_A = 20\,°\mathrm{C}$ y por el otro a una temperatura $T_B = 15\,°\mathrm{C}$. Hallar T en $x = 1\,\mathrm{mm}$. Bajo estas condiciones, se tiene que el término $\dfrac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x}$ es constante, pues de no ser así, se podría pensar en cada sección de la ventana como un subsistema, el cual estaría cambiando de temperatura, lo que, por segunda ley de la termidinámica, entraría en contradicción con la suposición de que T_A y T_B permanecen constantes.

Así, se tiene entonces que la temperatura en función de la distancia se comporta de manera lineal. Como se conocen las temperaturas de los extemos en contacto con ambas temperaturas, se pueden usar para determinar este comportamiento:

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} = \alpha$$

$$\equiv$$

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} = \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$\Rightarrow$$

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} = \frac{T_A - T_B}{-L}$$

$$\equiv$$

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} = -2.5\,^{\circ}\mathrm{C/mm}$$

Por la misma razón, se debe mantener la igualdad cuando se toma, en vez de (L, T_B) para hallar la razón, $(x, T(x))$, en especial, para el x de interés:

$$-2.5\,^{\circ}\mathrm{C/mm} = \frac{20\,^{\circ}\mathrm{C} - T(2\,\mathrm{mm})}{-2\,\mathrm{mm}}$$

$$\equiv$$

$$T(2\,\mathrm{mm}) = 15\,^{\circ}\mathrm{C}$$

Por otra parte, como se tienen los valores de k, A_C y $\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x}$, entonces

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = k\,A_C\,\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x}$$

$$\equiv$$

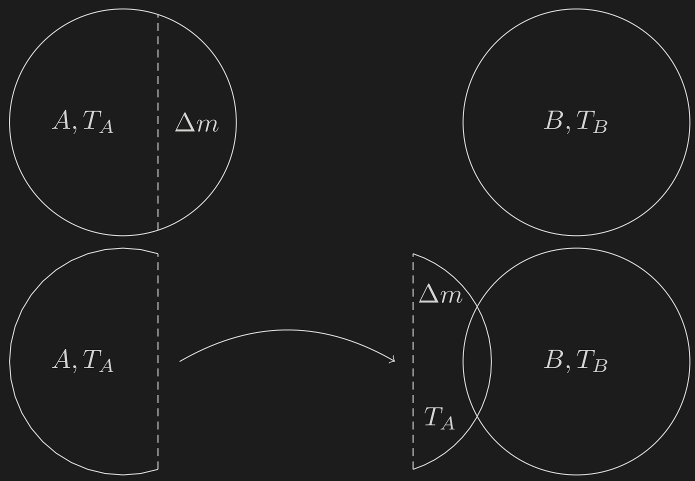
$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = -4 \times 10^3\,\mathrm{W}$$

Volviendo a un caso general, la ecuación bajo la condición de que las temperaturas de los extremos permanece constante se puede escribir como

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = A_C \, \frac{T_A - T_B}{L/k}$$

Donde $\frac{L}{k}$ se conoce como la resistencia térmica (R). Esta resistencia, al depender de k y L, caracterizan una lámina de un material. En un sistema donde hay múltiples lámines en serie, la resistencia térmica total es la suma de las resistencias de sus láminas.

(II) Otra forma de transferencia de calor es mediante procesos llamados convectivos. Estos procesos no tienen una única descripción matemática, sin embargo, siempre implican una transferencia de masa de uno de los sistemas al otro:



La complejidad de estos procesos está en que dependen de la geometría de ambos sistemas, sus composiciónes y propiedades superficiales. Algunas de las características comunes de estos procesos son las siguientes:

(I) Al estar un fluido en contacto con una superficie, la tasa de transferencia de calor es proporcional a la superfice de contacto.

(II) la viscosidad de un fluido genera películas en la superficie, lo que afecta a la transferencia de calor a este. La velocidad del fluido tiende a disminuir esta película, mejorando la transferencia de calor.

(III)

$$\left(\exists \alpha \,\middle|\, : \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} \approx \alpha (T_S - T_F)^{1.25}\right)$$

Esta constante α depende de cada caso.

(III) Otra forma de transferencia se da por radiación electromagnética. La descripción matemática de esta viene dada por las siguientes constantes:

variable	valor	Nombre o Significado
σ	$5.67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2(K)^4}$	Constante de Stefan - Boltzmann
ε	$0 < \varepsilon \leq 1$	Emisividad
A_S	———	Área superficial del cuerpo
T	———	Temperatura absoluta del cuerpo

Y su expresión es:

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = \sigma\, \varepsilon\, A_S\, T^4$$

Donde Q se refiere al calor, sin embargo, es energía en general.

2.2. Ejemplo Numérico: Radiación

Considerando una sartén de aluminio a 373.15 K en un entorno a temperatura ambiente de 288.15 K. Si el área superficial de la sartén es de 100 cm^2. La potencia que le entrega la sartén al entorno es:

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = \sigma\, \varepsilon\, A_S\, (T_s^4 - T_a^4)$$

$$\equiv$$

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = (5.67 \times 10^{-8})(0.03)(100)(373.15^4 - 288.15^4)$$

$$\equiv$$

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = 2.125\,\mathrm{W}$$

(IV) Transferencia de energía por trabajo mecánico: considerando un sistema A rodeado por un entorno E, con energías U_A, U_E respectivamente. El sistema A podría deformar al entorno, y esta deformación estaría caracterizada por una distancia Δx y un área transversal $\Delta A_{s,t}$. Para poder lograr esta deformación, el sistema A debe ejercer una fuerza F al entorno.

De igual manera, puede ocurrir en el otro sentido, esto es, que el entorno deforme al sistema A.

A esta fuerza se le puede asociar un trabajo T_r y

$$
\begin{aligned}
& \Delta T_r = F \Delta x \\
\Rightarrow \quad & \langle \text{ Sumando para toda la deformación y reduciendo } \Delta x \rangle \\
& T_r = \int F \, \mathrm{d}x \\
\equiv \quad & \\
& T_r = \int \frac{F}{\Delta A_{s,t}} \Delta A_{s,t} \, \mathrm{d}x \\
\equiv \quad & \langle \;\; P = F/A \; , \; V = L\, A \; \rangle \\
& T_r = \int p \, \mathrm{d}V
\end{aligned}
$$

Por convención, la presión a la que se refiere es a la ejercida por el sistema al entorno, lo que resulta en que el valor de esta sea negativo, pues se está viendo desde el punto de vista del sistema.

$$
T_r = -\int p \, \mathrm{d}x
$$

Considerando ahora solo transferencias de energía de tipo calor y mecánicas, la primera ley de la termodinámica se puede reescribir como:

La energía U del universo se conserva, y desde el punto de vista de un sistema A, las absorsiones de este se tomarán positivas. Entonces, si A recibe un calor Q y el entorno es el que ejerce un trabajo sobre A, se considera positivo.