

LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La segunda ley de la termodinámica establece que los procesos se dan en una cierta dirección, no en cualquier dirección. Un proceso no sucederá a menos que satisfaga tanto la primera como la segunda leyes de la termodinámica. Los cuerpos que pueden absorber o desechar cantidades finitas de calor isotérmicamente se llaman depósitos de energía térmica o sólo depósitos térmicos.

El trabajo puede convertirse en calor directamente, pero el calor puede convertirse en trabajo sólo por medio de dispositivos llamados máquinas térmicas. La eficiencia térmica de una máquina térmica se define como

$$\eta_t = \frac{W_{\text{neto,sal}}}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

Don $W_{\text{neto,sal}}$ es la salida de trabajo neta de la máquina térmica, Q_H es la cantidad de calor alimentada a la máquina y Q_L es la cantidad de calor desechada por la máquina.

Los refrigeradores y las bombas de calor son dispositivos que absorben calor de medios de baja temperatura y que lo desechan en medios de temperaturas mayores. El rendimiento de un refrigerador o de una bomba de calor se expresa en términos del coeficiente de rendimiento, el cual se define como

$$\text{COP}_R = \frac{Q_L}{W_{\text{neto,en}}} = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1}$$

$$\text{COP}_{BC} = \frac{Q_H}{W_{\text{neto,en}}} = \frac{1}{1 - |Q_L/Q_H|}$$

El enunciado de Kelvin-Planck de la segunda ley de la termodinámica establece que ninguna máquina térmica puede producir una cantidad neta de trabajo mientras intercambia calor únicamente con un solo depósito. El enunciado de Clausius de la segunda ley establece que ningún dispositivo puede transferir calor de un cuerpo más frío a uno más caliente sin dejar un efecto sobre los alrededores.

Todo dispositivo que viole la primera o segunda ley de la termodinámica se denomina máquina de movimiento perpetuo.

Se dice que un proceso será reversible si tanto el sistema como los alrededores pueden ser regresados a sus condiciones originales. Cualquier otro proceso es irreversible. Efectos como la fricción, la expansión o compresión en no cuasiequilibrio, la transferencia de calor a través de una diferencia de temperatura finita, producen un proceso irreversible y se llaman irreversibilidades.

El ciclo de Carnot es un ciclo reversible compuesto de cuatro procesos reversibles: dos isotérmicos y dos adiabáticos. Los principios de Carnot establecen que las eficiencias térmicas de todas las máquinas reversibles que operan entre los mismos dos depósitos son iguales, y que ninguna máquina térmica es más eficiente que una reversible operando entre los mismos dos depósitos. Estos enunciados forman la base para establecer una escala termodinámica de temperatura, llamada también escala Kelvin, relacionada con las transferencias de calor entre un dispositivo reversible y los depósitos de alta y baja temperatura por medio de

$$\left(\frac{Q_H}{Q_L} \right)_{\text{rev}} = \frac{T_H}{T_L}$$

Por consiguiente, el cociente Q_H/Q_L puede ser sustituido por T_H/T_L para dispositivos reversibles, donde T_H y T_L son las temperaturas absolutas de los depósitos de alta y baja temperatura, respectivamente.

Una máquina térmica que opere en el ciclo de Carnot reversible se denomina la máquina térmica de Carnot. La eficiencia térmica de una máquina térmica de Carnot, así como de otras máquinas térmicas reversibles, está dada por

$$\eta_{t,\text{rev}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

Esta es la máxima eficiencia que puede tener una máquina térmica que opere entre dos depósitos a temperaturas T_H y T_L .

De manera similar, los COP de refrigeradores y de bombas de calor reversibles están dados como

$$\text{COP}_{R,\text{rev}} = \frac{1}{T_H/T_L - 1}$$

$$\text{COP}_{BC,\text{rev}} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

También en este caso, estos son los COP más altos que puede tener un refrigerador o una bomba de calor que operen entre los límites de temperatura de T_H y T_L .