



## Clase N°5.

La primera ley de la termodinámica.

- Primera ley.
- Trabajo, calor y energía.
- El balance de energía en sistemas cerrados.

*Comprender los principios básicos de la termodinámica aplicada a la resolución de problemas de balance de energía.*

# Primera ley de la termodinámica



- La primera ley de la Termodinámica “coincide esencialmente” con el principio de conservación de energía. Sin embargo, no presupone los conceptos de energía, y calor, sino solamente el de trabajo; a partir de él, se deducen los conceptos de energía y de calor.
- El trabajo de un sistema para cualquier proceso adiabático, entre dos estados dados, depende solamente de los estados inicial y final, y no del camino recorrido.
  - Un proceso adiabático es aquél en el que sólo hay interacciones entre el sistema y el entorno en forma de trabajo.

# Primera ley de la termodinámica



- Luego si en sistemas adiabáticos el trabajo depende sólo del estado inicial y final y no de los detalles del proceso, se puede emplear para definir una propiedad. De este modo, el trabajo adiabático se emplea para definir una propiedad llamada energía:

**La energía,  $E$ , es una propiedad cuya variación se mide por el trabajo adiabático entre dos estados dados.**

$$E_2 - E_1 = \Delta E = -W_{adiab}$$

- El cambio de energía en un ciclo es cero, como para cualquier propiedad.

# Primera ley de la termodinámica



- En procesos no adiabáticos la variación de energía, no tiene porqué coincidir con la entrada de trabajo ( $-W$ ), y es considerar otras posibles interacciones que no son trabajo.
- Estas interacciones se denominan calor,  $Q$ . De este modo, el aumento de energía de un sistema en un proceso es igual a la suma de entradas de calor y trabajo al sistema:

$$E_2 - E_1 = Q + (-W)$$

$$\Delta E = Q - W$$

- Es el principio de conservación de la energía para un sistema que experimenta interacciones con su entorno.

# Trabajo, calor y energía



- Trabajo, calor y energía tienen las mismas dimensiones y la misma unidad de medida. La unidad básica de energía es el joule (J), que es el trabajo necesario para elevar un peso de 1 newton una altura de 1 metro.
  - Otras unidades son el kJ, Btu (British thermal unit), kWh (kilovatio-hora).
- La energía describe una propiedad cuyo valor es distinto para cada estado. Por otro lado, calor y trabajo son interacciones y no propiedades; por tanto, es imposible asignar un valor al trabajo o calor de un estado. Sólo se pueden medir en un cambio de estado.

# La energía interna



- La energía de un sistema se puede dividir en dos términos: unos que dependen de toda la masa del sistema respecto a unas coordenadas externas (es decir, la energía cinética y la energía potencial) y el resto de la energía, llamada energía interna,  $U$ .

$$E_2 - E_1 = (EC_2 - EC_1) + (EP_2 - EP_1) + (U_2 - U_1) \quad [\text{J}]$$

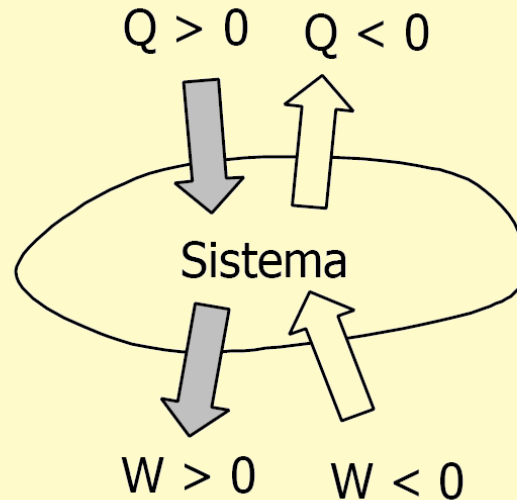
$$\begin{aligned} e_2 - e_1 &= (ec_2 - ec_1) + (ep_2 - ep_1) + (u_2 - u_1) \\ &= \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + (u_2 - u_1) \quad [\text{J/kg}] \end{aligned}$$

- El significado físico de la energía interna es la suma de las siguientes contribuciones:
  - Energía cinética de traslación de las moléculas. Esta es la forma dominante en los gases.
  - Energía cinética de rotación de las moléculas. Dominante en líquidos.
  - Energía cinética de vibración de los átomos en la estructura cristalina. Dominante en sólidos.
  - Energía química de enlace entre átomos, energía de enlace entre núcleo y electrones. Sólo se manifiestan cuando hay reacciones químicas.

# El concepto del calor



- El calor es una interacción entre dos sistemas que no es en forma de trabajo, y que modifica la energía del sistema. Por experiencia se conoce que la causa de un flujo de calor es una diferencia de temperatura entre dos sistemas.



- $Q > 0$ : calor comunicado al sistema desde el entorno.
- $Q < 0$ : calor retirado del sistema desde el entorno.

# El concepto del calor



- Lo mismo que el trabajo, el calor es una función de línea, no una función de estado. Su valor depende del camino recorrido.
- La velocidad de transferencia de calor es el calor por unidad de tiempo:

$$\dot{Q} = \frac{\delta Q}{dt}; \quad Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt \quad [\text{J/s} \equiv \text{W}]$$

- El flujo de calor es el calor transmitido por unidad de área

$$\dot{q} = \frac{\delta \dot{Q}}{dA}; \quad \dot{Q} = \int_A \dot{q} dA \quad [\text{J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \equiv \text{W m}^{-2}]$$

# Balance de energía en sistemas cerrados



- La ecuación que describe un balance de energía en sistemas cerrados en movimiento esta dada por:

$$\Delta EC + \Delta EP + \Delta U = Q - W \quad [\text{J}]$$

$$m \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + mg(z_2 - z_1) + (U_2 - U_1) = Q_{12} - W_{12}$$

- Por unidad de masa:

$$\Delta ec + \Delta ep + \Delta u = q - w \quad [\text{J/kg}]$$

$$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + (u_2 - u_1) = q_{12} - w_{12}$$

- Donde 1 y 2 son el estado inicial y el final; c y z son la velocidad y la altura del centro de masas del sistema.

# Balance de energía en sistemas cerrados



- Estas ecuaciones no expresan nada más que la idea de un balance contable de la energía, donde:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Cambio en la} \\ \text{cantidad de} \\ \text{energía contenida} \\ \text{dentro del sistema} \\ \text{durante un cierto} \\ \text{intervalo de} \\ \text{tiempo} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Cantidad } \textit{neta} \text{ de} \\ \text{energía transferida } \textit{al} \\ \text{sistema a través de su} \\ \text{frontera por} \\ \text{transferencia de} \\ \textit{calor} \text{ durante dicho} \\ \text{intervalo de tiempo} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{Cantidad } \textit{neta} \text{ de} \\ \text{energía transferida} \\ \textit{fuera} \text{ del sistema a} \\ \text{través de su frontera} \\ \text{por } \textit{trabajo} \text{ durante} \\ \text{dicho intervalo de} \\ \text{tiempo} \end{array} \right)$$

- Las cantidades de calor y trabajo son cantidades netas, es decir, suma de todas las entradas y salidas de Q y W, aunque sean de signo contrario.

# Ejemplo



- Se observa que el aire, aceite, hielo y agua líquida contenidos en el recipiente de la figura se encuentran todos ellos inicialmente a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La pared del recipiente exterior está aislada térmicamente, de manera que no se puede transferir calor a través de ella. Se deja caer el peso una altura  $Dz$ , con lo que la rueda de paletas gira gracias a la polea. Tras un cierto tiempo, se observa que el aire, aceite, hielo y agua líquida vuelven a estar a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y que se ha fundido parte del hielo del recipiente interior. Identificar el trabajo realizado sobre o por cada sistema y el calor transferido a o desde cada uno de los siguientes sistemas: sistema A: todo lo contenido en el recipiente exterior; sistema B: todo lo contenido en el recipiente interior; sistema C: todo lo contenido en el recipiente exterior excepto el sistema B. (Sistema A = sistema B + sistema C.)

