

Primera Ley de la Termodinámica “Conservación de la Energía”

Alejandro Rojas Tapia.

“Conservación de la energía”

- ▶ *Principio de conservación de la energía y masa. Ecuación de continuidad. Primera ley de la termodinámica para ciclos y procesos en sistemas cerrados.*
- ▶ **Energía:** Capacidad para producir un cambio en un sistema termodinámico (no existe una definición)
- ▶ **Conservación de la energía:** “Ley de la conservación de la energía”: La energía en el universo (no cambia, constante) no se crea ni se destruye, sólo se transforma (permanece constante).
- ▶ **Transformaciones de energía**
 - ▶ Energía cinética a energía potencial
 - ▶ Energía mecánica (trabajo) a energía térmica..... otras



Estado y procesos termodinámicos.

- ▶ Estado termodinámico
- ▶ Proceso termodinámico
 - ▶ Proceso cuasi-estático
 - ▶ Proceso cuasi-estático isobárico
 - ▶ Proceso cuasi-estático isotérmico
 - ▶ Proceso cuasi-estático isométrico
 - ▶ Proceso cuasi-estático adiabático
 - ▶ Proceso cuasi-estático politrópico

POSTULADO DE ESTADO



Calor y trabajo

- ▶ **Calor:** Energía en tránsito a través de las fronteras del sistema provocada por una diferencia de temperaturas.
- ▶ **Trabajo:** Es generado por una fuerza que actúa a través de una distancia.



Trabajo

- Energía en tránsito a través de las fronteras del sistema, generado por la aplicación de una fuerza a través de una distancia.

$$\delta W = \int_i^f F ds$$

Trabajo

- ▶ Trabajo de compresión o expansión

$$W = -\left(\int_i^f P dv\right)(J)$$

- ▶ Trabajo de eje o flecha

$$W = (F \cdot r \cdot 2\pi N)(J) \quad (N = \text{número de vueltas})$$

- ▶ Trabajo aplicado por o sobre un resorte

$$W = \frac{1}{2} K (X^2 - X^2)(J)$$

- ▶ Trabajo eléctrico

$$W = Vit(J)$$

Balance de energía para sistemas cerrados y abiertos

- El balance de energía para cualquier sistema que experimenta alguna clase de proceso es:

$$E_{\text{entra}} - E_{\text{sale}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

$$\dot{E}_{\text{entra}} - \dot{E}_{\text{sale}} = \frac{dE_{\text{sistema}}}{dt}$$

$$(E_{T \text{ entra } c/masa} + E_{T \text{ entra } s/masa}) - (E_{T \text{ sale } c/masa} + E_{T \text{ sale } s/masa}) = E_{T \text{ final}} - E_{T \text{ inicial}}$$

$$(E_{T \text{ entra } c/masa} - E_{T \text{ sale } s/masa}) + (E_{T \text{ entra } s/masa} - E_{T \text{ sale } c/masa}) = E_{T \text{ final}} - E_{T \text{ inicial}}$$

Balance de energía para sistemas cerrados

Recordando:

$$E_T = E_c + E_p + U = \frac{1}{2}mV^2 + mgZ + U$$

Por unidad de masa

$$e = \frac{E}{m}, E = em$$

$$\delta m_e(e_{Te}) - \delta m_s(e_{Ts}) + \delta Q + \delta W = dE_T$$

$$\delta m_e\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) - \delta m_s\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) + \delta Q + \delta W = dE_T$$

Integrando

$$m_e\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) - m_s\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) + Q_{e-s} + W_{e-s} = E_{Tfinal} - E_{Tinicial}$$

Incluyendo la energía de flujo o bombeo (Pv)

$$m_e\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + Pv\right) - m_s\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + Pv\right) + Q_{e-s} + W_{e-s} = 0$$

Balance de energía para un sistema cerrado

- El sistema se encuentra en estado estacionario, régimen permanente y flujo laminar
- No hay flujo de masa a través de sus fronteras (sistema cerrado)
- Sí hay flujo de masa a través de sus fronteras (sistema abierto)

La ecuación de la primera ley de la termodinámica aplicada al sistema cerrado finalmente es:

$$Q_{i-f} + W_{i-f} = U_f - U_i$$

También puede ser por unidad de tiempo

$$\dot{Q} + \dot{W} = \Delta U$$



Equipos de estudio en Termodinámica

- * Conjunto pistón-cilindro
- * Bombas
- * Turbinas
- * Compresores
- * Ventiladores
- * Cambiadores de calor (evaporador, condensador)
- * Toberas difusores
- * Mezcladoras
- * Calderas
- * Dispositivos de estrangulamiento (Válvulas, tubo capilar, material poroso, reducción brusca)
- * Flujo en tuberías (ecuación de Bernoulli)

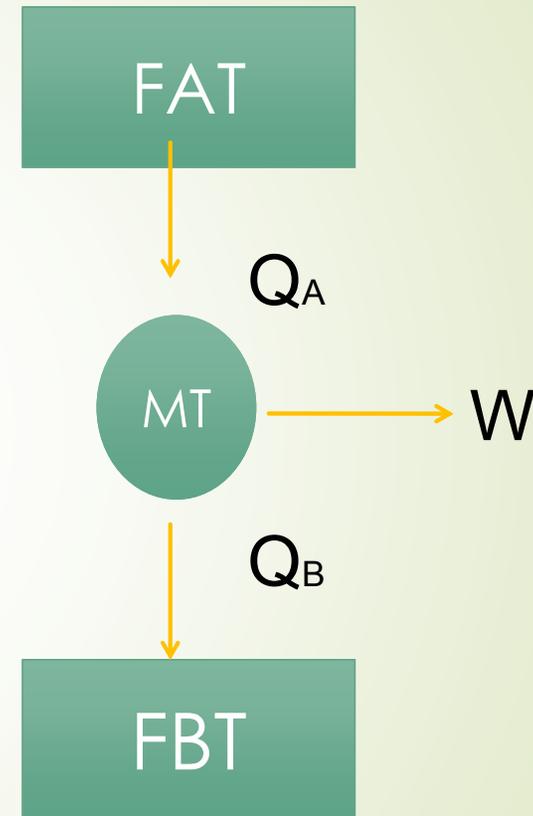
LÉONARD SADI CARNOT



(París, 1796-id., 1832) Ingeniero y científico francés. Describió el ciclo térmico que lleva su nombre (ciclo de Carnot), a partir del cual se deduciría el segundo principio de la termodinámica. Se le reconoce hoy como el fundador de la Termodinámica.

CICLO DE CARNOT

Una máquina térmica que opera con el Ciclo de Carnot se denomina máquina de Carnot, que entrega trabajo a partir de la energía que recibe en forma de calor Q_A de la Fuente de Alta Temperatura (FAT) y cede calor Q_B a la Fuente de Baja Temperatura, de esta transferencia de calor.



El rendimiento o eficiencia de una Máquina Térmica se define como:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_A} = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

La eficiencia térmica de una Máquina de Carnot, es mayor a la de cualquier otra máquina térmica que funcione cíclicamente entre las mismas fuentes de temperatura por los procesos que lo conforman, los cuales son internamente reversibles.

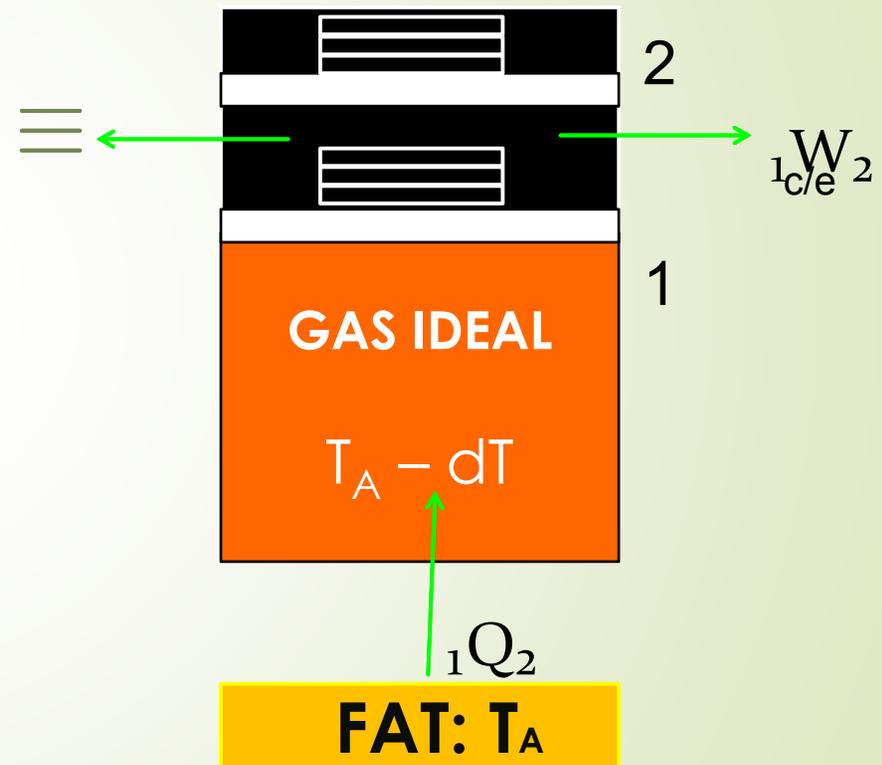
PROCESOS DEL CICLO DE CARNOT

El ciclo de Carnot consta de cuatro procesos reversibles: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos procesos adiabáticos (aislados térmicamente), a los cuales se les aplicará la 1ª y 2ª leyes de la Termodinámica, considerando como sustancia de trabajo un Gas Ideal dentro de un sistema cilindro-émbolo.

Los balances de energía y entropía de estos procesos se grafican en diagramas P-V y T-S, como a continuación se indica.

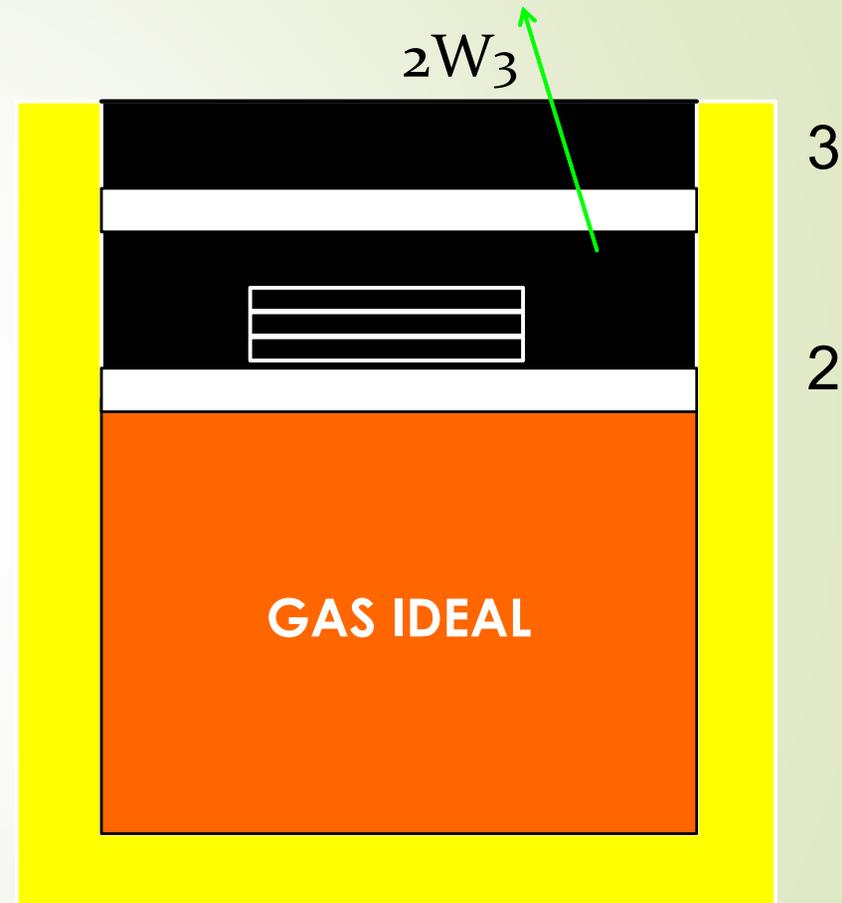
1 - 2 EXPANSIÓN ISOTERMA:

En este estado se le transfiere energía en forma de calor a la sustancia de trabajo desde la Fuente de Alta Temperatura T_A , para mantener constante la temperatura del gas. Éste se expande, efectuando un trabajo de igual magnitud que el calor suministrado por la FAT, de manera que la energía interna se mantiene constante, ya que todo el calor transferido al gas produce trabajo de expansión.



EXPANSIÓN ADIABÁTICA: (2 → 3)

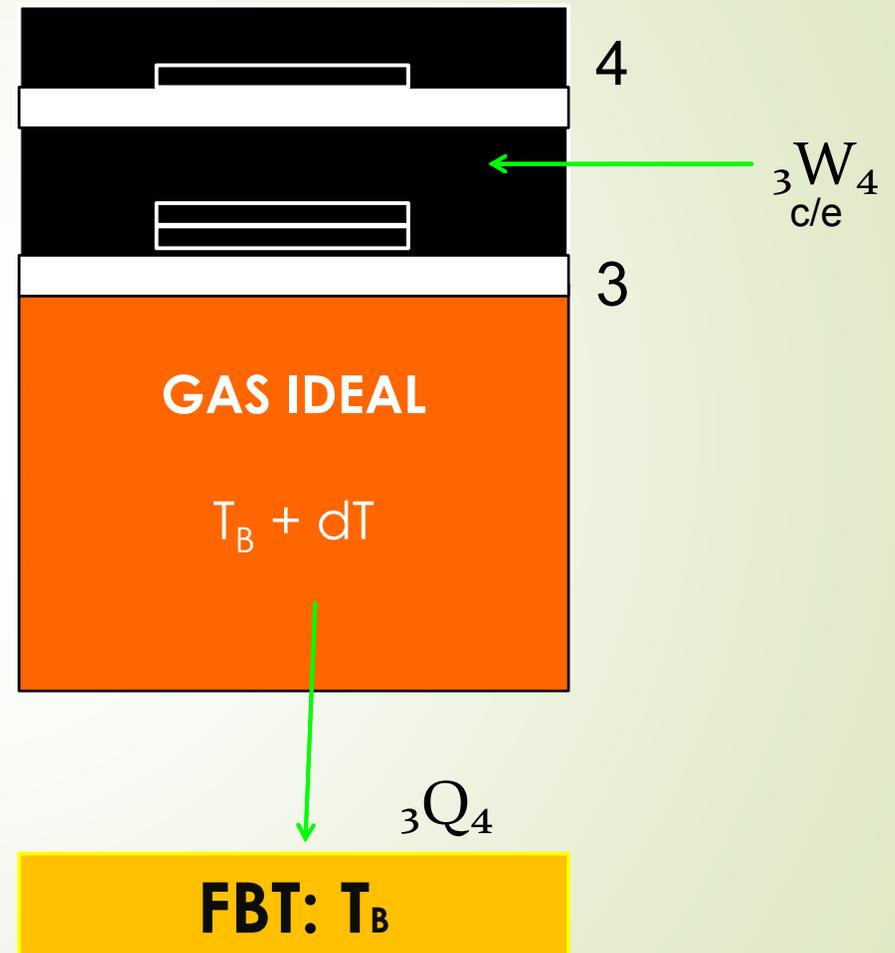
La expansión isoterma termina en un punto tal que el resto de la expansión pueda realizarse sin intercambio de calor. A partir de aquí el sistema se aísla térmicamente, con lo que no hay transferencia de calor con el exterior. Esta expansión adiabática hace que el gas se enfríe hasta alcanzar exactamente la temperatura T_B en el momento en que el gas alcanza su volumen máximo. Al bajar su temperatura disminuye su energía interna, con lo que utilizando un razonamiento análogo al proceso anterior:



COMPRESIÓN ISOTERMA:

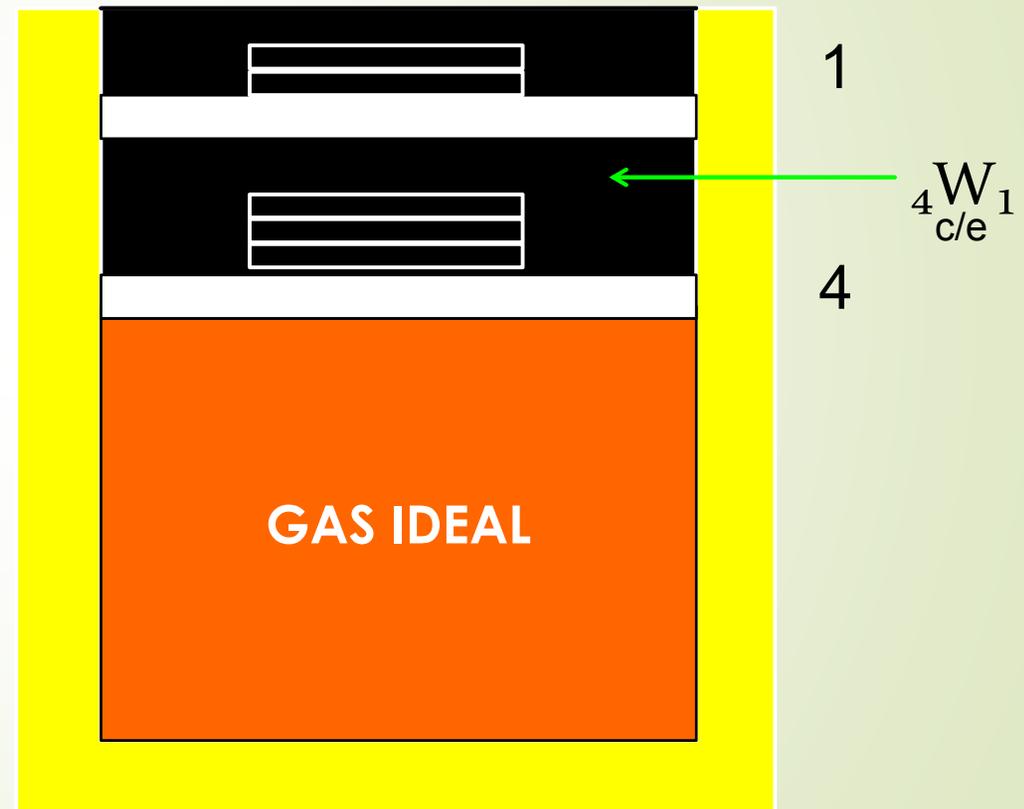
(3 → 4)

Se pone en contacto con el sistema la fuente de calor de temperatura T_B y el gas comienza a comprimirse, pero no aumenta su temperatura porque va cediendo calor a la fuente de baja temperatura. Al no cambiar la temperatura, tampoco lo hace la energía interna, y la cesión de calor implica que hay que hacer un trabajo sobre el sistema:

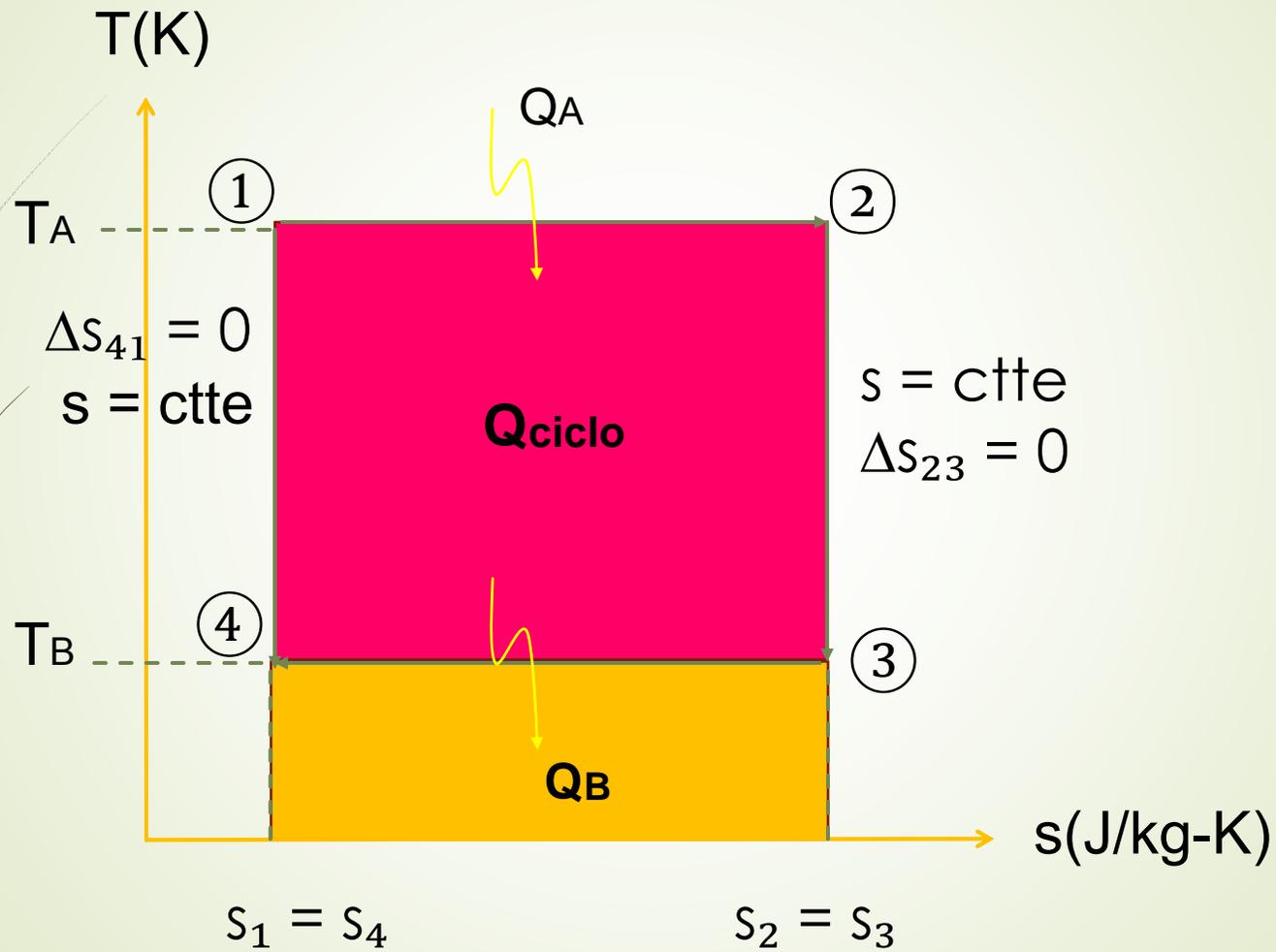


COMPRESIÓN ADIABÁTICA: (4 → 1)

Aislado térmicamente, el sistema evoluciona comprimiéndose y aumentando su temperatura hasta el estado inicial. La energía interna aumenta y el calor transferido es nulo, teniendo que comunicar un trabajo al sistema:

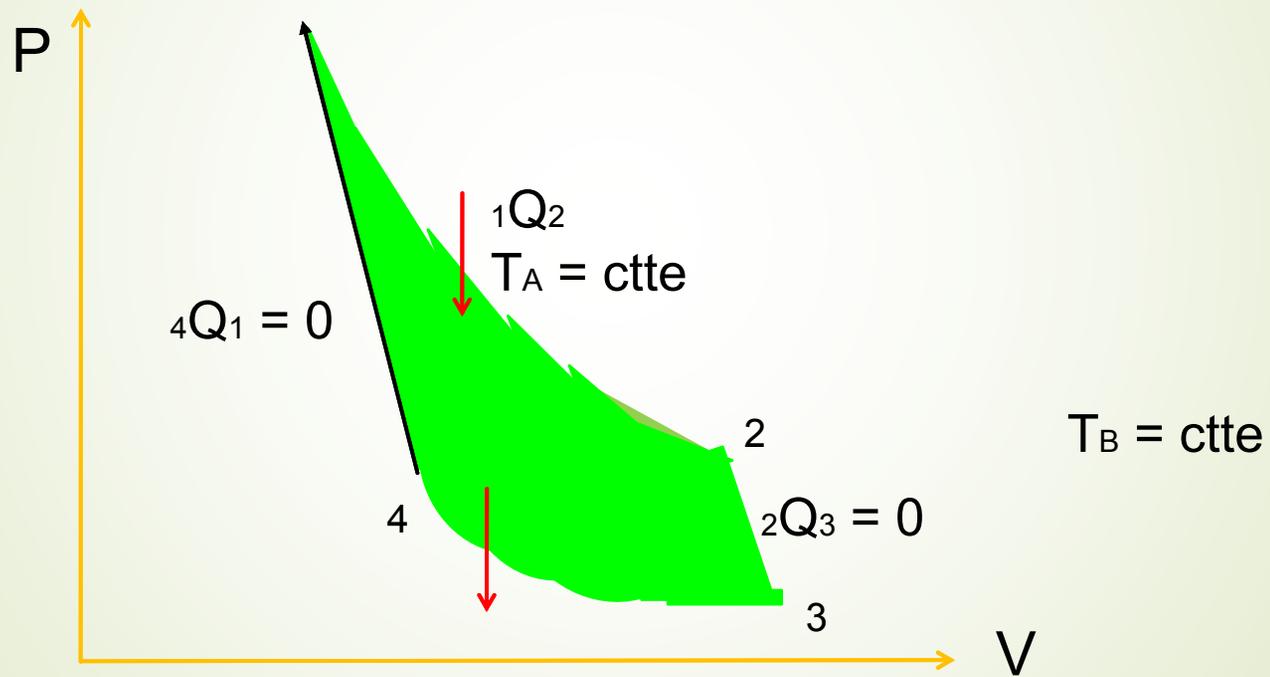


$$\oint \delta Q + \oint \delta W = 0$$



CICLO DE CARNOT

SUSTANCIA DE TRABAJO: Gas Ideal





Segunda Ley de la Termodinámica

- ▶ Esta ley de la física expresa que "La cantidad de entropía (magnitud que mide la parte de la energía que no se puede utilizar para producir un trabajo) de cualquier sistema aislado termodinámicamente tiende a incrementarse con el tiempo". Más sencillamente, cuando una parte de un sistema cerrado interacciona con otra parte, la energía tiende a dividirse por igual, hasta que el sistema alcanza un equilibrio térmico.
- 

- 
- 
- ▶ La segunda ley de la termodinámica establece cuáles procesos de la naturaleza pueden ocurrir o no. De todos los procesos permitidos por la primera ley, sólo ciertos tipos de conversión de energía pueden ocurrir. Los siguientes son algunos procesos compatibles con la primera ley de la termodinámica, pero que se cumplen en un orden gobernado por la segunda ley:
 - ▶ 1) Cuando dos objetos que están a diferente temperatura se ponen en contacto térmico entre sí, el calor fluye del objeto más cálido al más frío, pero nunca del más frío al más cálido.
 - ▶ 2) La sal se disuelve espontáneamente en el agua, pero la extracción de la sal del agua requiere alguna influencia externa.
 - ▶ 3) Cuando se deja caer una pelota de goma al piso, rebota hasta detenerse, pero el proceso inverso nunca ocurre.
 - ▶ Todos estos son ejemplos de procesos irreversibles, es decir procesos que ocurren naturalmente en una sola dirección. Ninguno de estos procesos ocurre en el orden opuesto; si lo hicieran, violarían la segunda ley de la termodinámica. La naturaleza unidireccional de los procesos termodinámicos establece una dirección del tiempo.

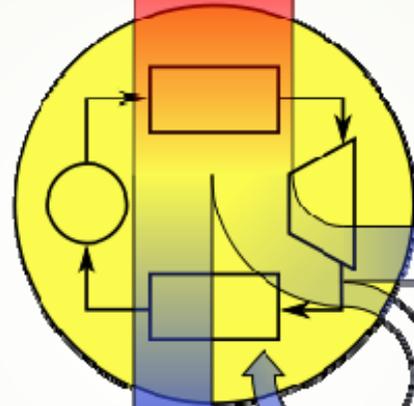


Ahora bien existen diferentes formas de enunciar la segunda ley de la termodinámica, pero en su versión más simple, establece que :

“El calor jamás fluye espontáneamente de un objeto frío a un objeto caliente”.

Foco caliente

$|Q_c|$



$|W|$

$|Q_f|$

Foco frío (ambiente)



Referencias.

- ▶ Apuntes de Termodinámica.
 - ▶ TERMODINAMICA DE YUNUS A CENGEL 6ED.
- 