

Termo Avanzada

Guía 2: Repaso de termodinámica

Las leyes

Primera ley: Existen paredes (las paredes adiabáticas) tales que el trabajo necesario para llevar a un sistema encerrado por estas paredes de un estado A a un estado B es independiente del camino.

Primera ley: Existen paredes (las paredes adiabáticas) tales que el trabajo necesario para llevar a un sistema encerrado por estas paredes de un estado A a un estado B es independiente del camino.

Definimos la energía interna U por

$$U_B - U_A = W_{A \rightarrow B}^{ad}$$

Primera ley: Existen paredes (las paredes adiabáticas) tales que el trabajo necesario para llevar a un sistema encerrado por estas paredes de un estado A a un estado B es independiente del camino.

Definimos la energía interna U por

$$U_B - U_A = W_{A \rightarrow B}^{ad}$$

Para un proceso cualquiera entre A y B , definimos el calor Q por

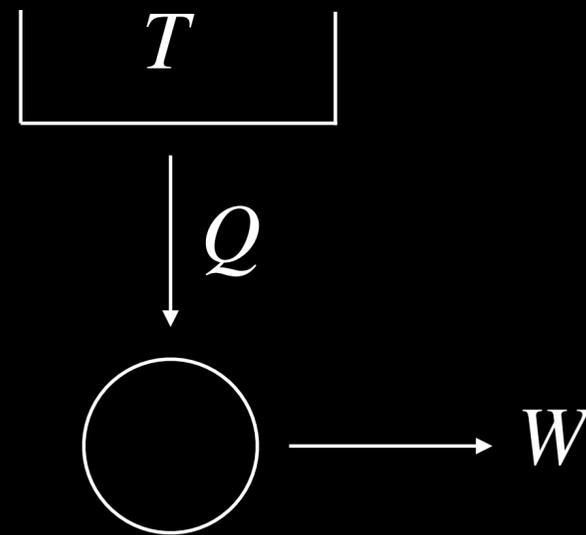
$$Q = \Delta U - W \quad \longrightarrow \quad \Delta U = W + Q$$

Segunda ley: para cualquier proceso cíclico entre N fuentes a temperaturas T_1, \dots, T_N

$$\sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad (= \text{si reversible})$$

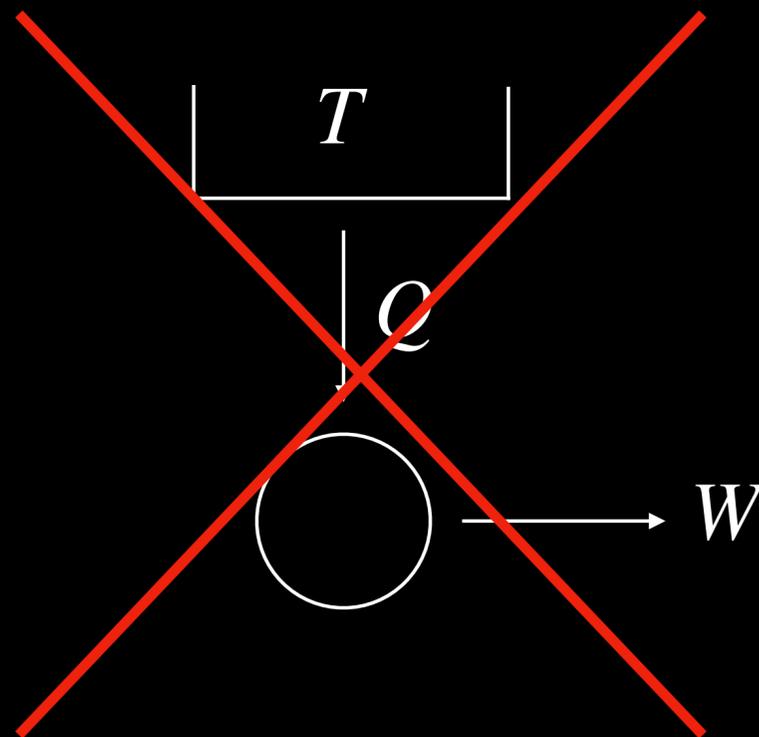
Segunda ley: para cualquier proceso cíclico entre N fuentes a temperaturas T_1, \dots, T_N

$$\sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad (= \text{si reversible})$$



Segunda ley: para cualquier proceso cíclico entre N fuentes a temperaturas T_1, \dots, T_N

$$\sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{T_i} \leq 0 \quad (= \text{si reversible})$$



Para un proceso cíclico entre un continuo de fuentes, $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Para un proceso cíclico entre un continuo de fuentes, $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Si es reversible, $\oint \frac{dQ}{T} = 0 \longrightarrow \int_A^B \frac{dQ}{T}$ independiente del camino

Para un proceso cíclico entre un continuo de fuentes, $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Si es reversible, $\oint \frac{dQ}{T} = 0 \longrightarrow \int_A^B \frac{dQ}{T}$ independiente del camino

Definimos la entropía S por $S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ_{rev}}{T}$

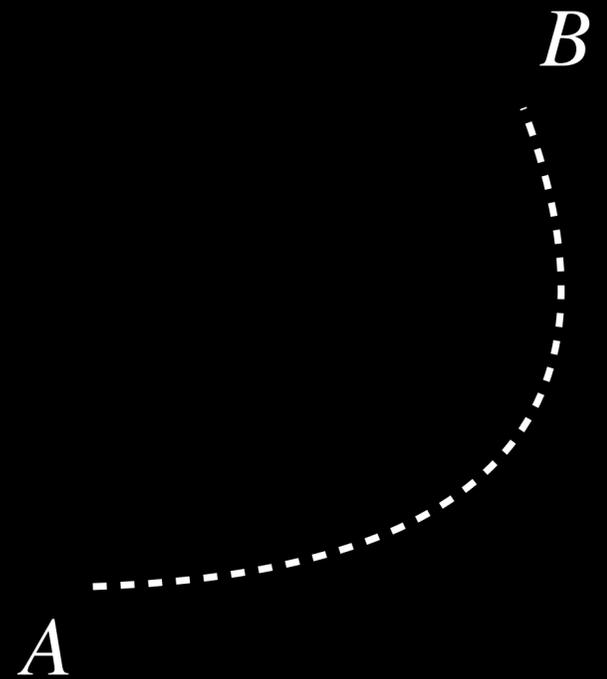
Para un proceso cíclico entre un continuo de fuentes, $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Si es reversible, $\oint \frac{dQ}{T} = 0 \longrightarrow \int_A^B \frac{dQ}{T}$ independiente del camino

Definimos la entropía S por $S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ_{rev}}{T}$

Para cualquier proceso entre A y B ,

$$S_B - S_A \geq \int_A^B \frac{dQ}{T}$$



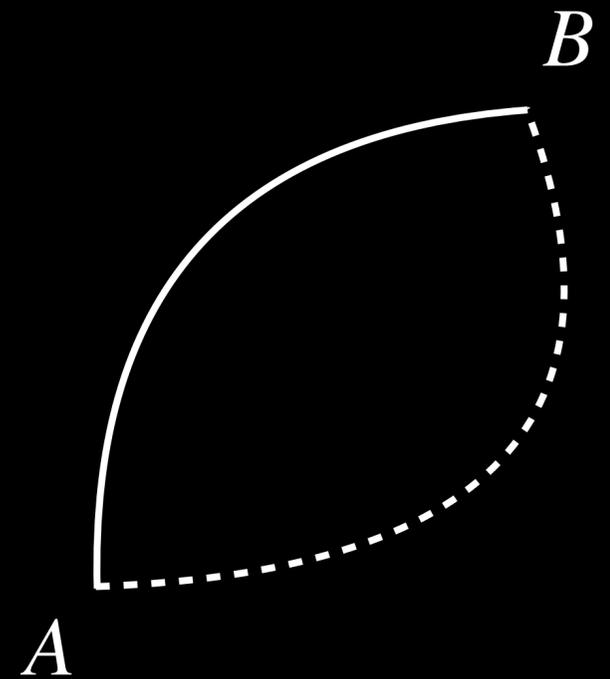
Para un proceso cíclico entre un continuo de fuentes, $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$

Si es reversible, $\oint \frac{dQ}{T} = 0 \longrightarrow \int_A^B \frac{dQ}{T}$ independiente del camino

Definimos la entropía S por $S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ_{rev}}{T}$

Para cualquier proceso entre A y B ,

$$S_B - S_A \geq \int_A^B \frac{dQ}{T}$$



Máximo trabajo

Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

$$W = Q - \Delta U$$

Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

$$W = Q - \Delta U$$

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T_r}$$

Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

$$W = Q - \Delta U$$

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T_r} \quad \longrightarrow \quad Q \leq T_r \Delta S$$

Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

$$W = Q - \Delta U \leq T_r \Delta S - \Delta U$$

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T_r} \quad \longrightarrow \quad Q \leq T_r \Delta S$$


Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

$$W = Q - \Delta U \leq T_r \Delta S - \Delta U$$

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T_r} \longrightarrow Q \leq T_r \Delta S$$

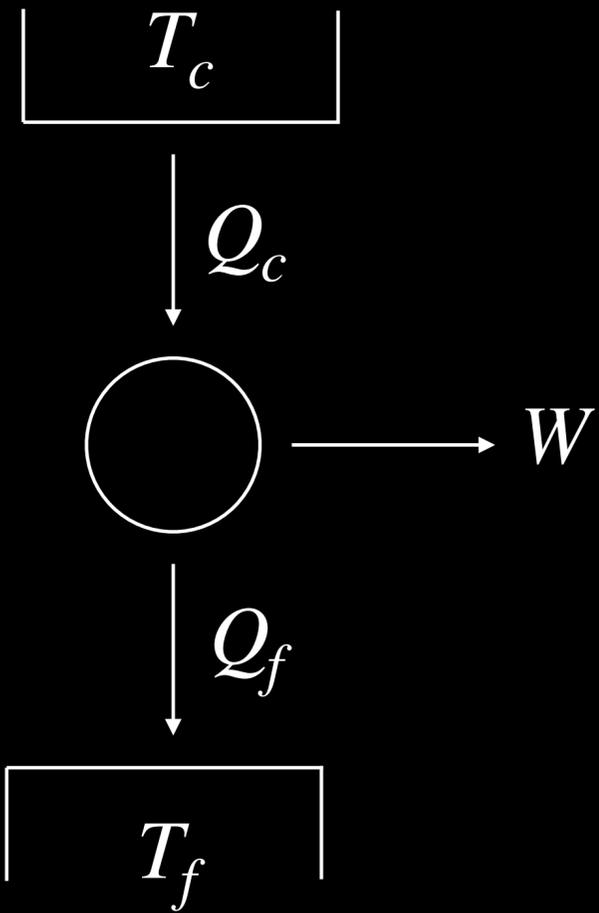
Un sistema va de un estado A a un estado B , y puede intercambiar calor con un reservorio a temperatura T_r . **Cuál es el máximo trabajo que puede entregar?**

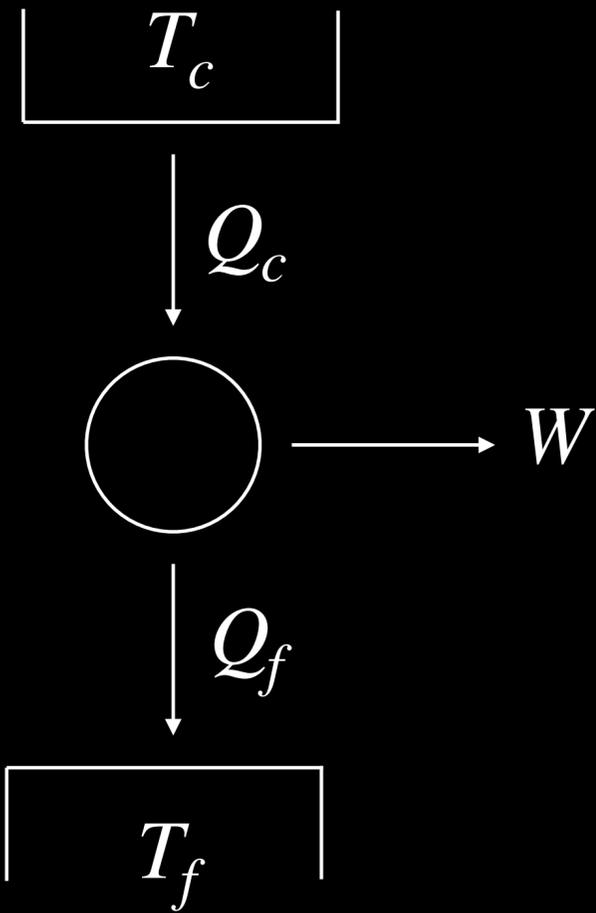
$$W = Q - \Delta U \leq T_r \Delta S - \Delta U$$

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T_r} \longrightarrow Q \leq T_r \Delta S$$

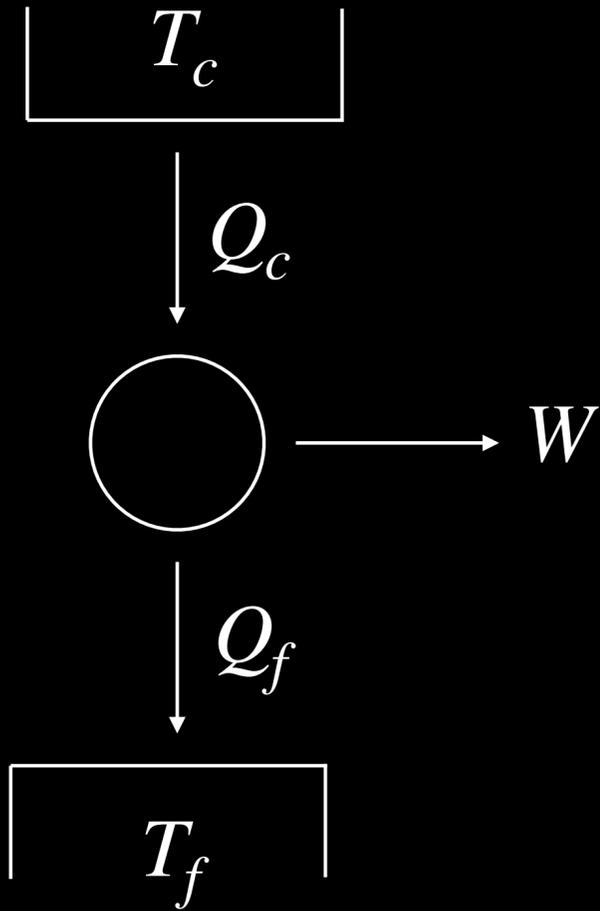
Si la temperatura inicial y final del sistema coinciden con la del reservorio,
 $W \leq -\Delta F$

Máxima eficiencia



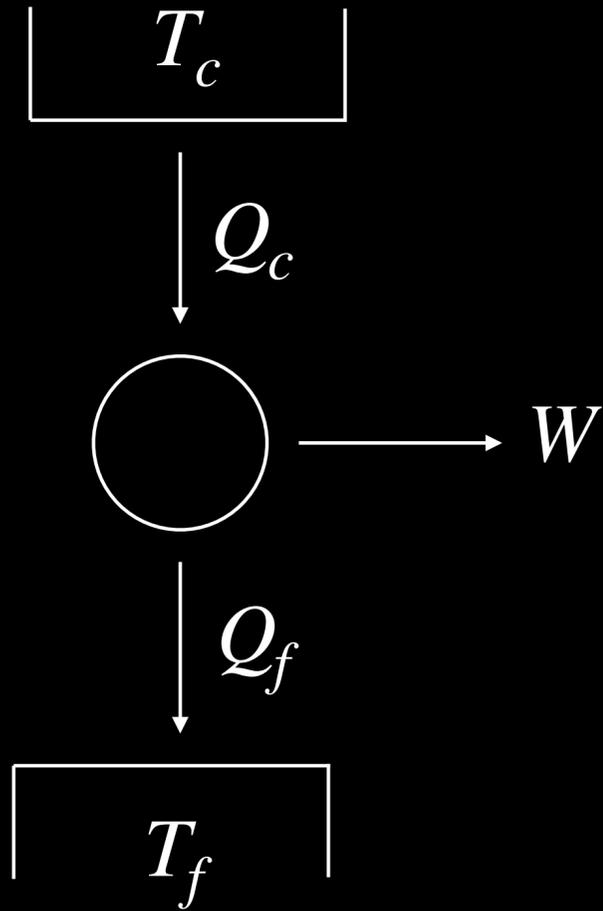


$$\eta = \frac{W}{Q_c}$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c}$$

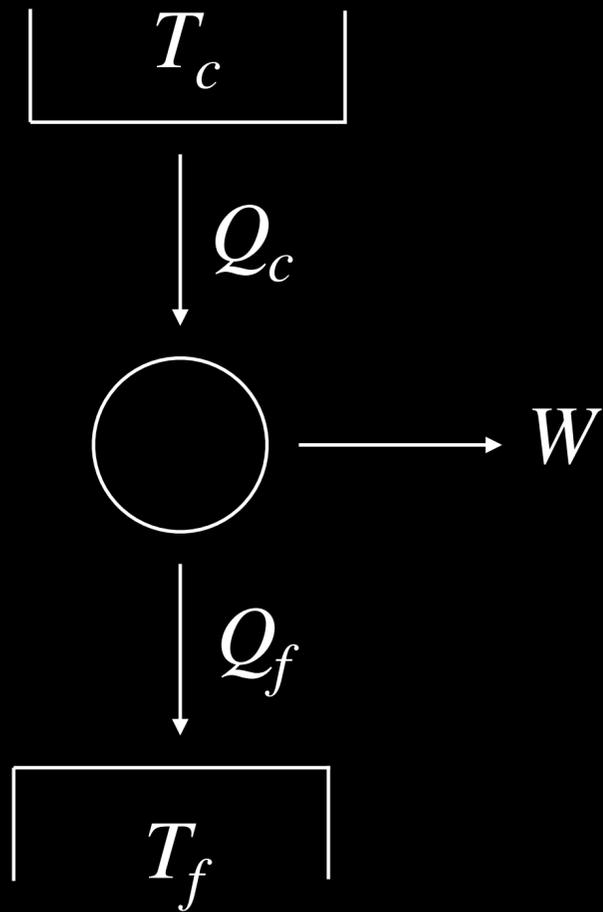
$$W = Q_c - Q_f$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c}$$

$$W = Q_c - Q_f$$

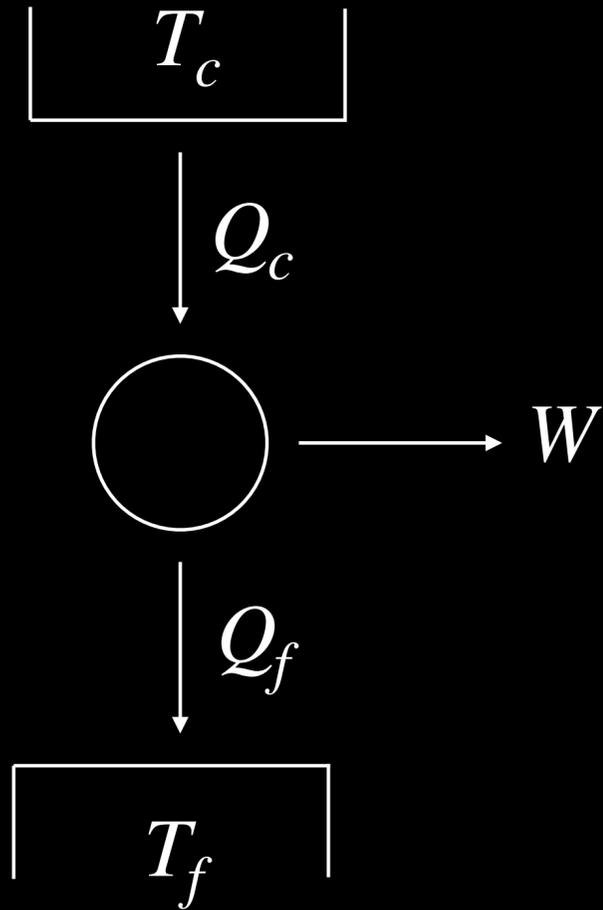
$$\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_f}{T_f} \leq 0$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c}$$

$$W = Q_c - Q_f$$

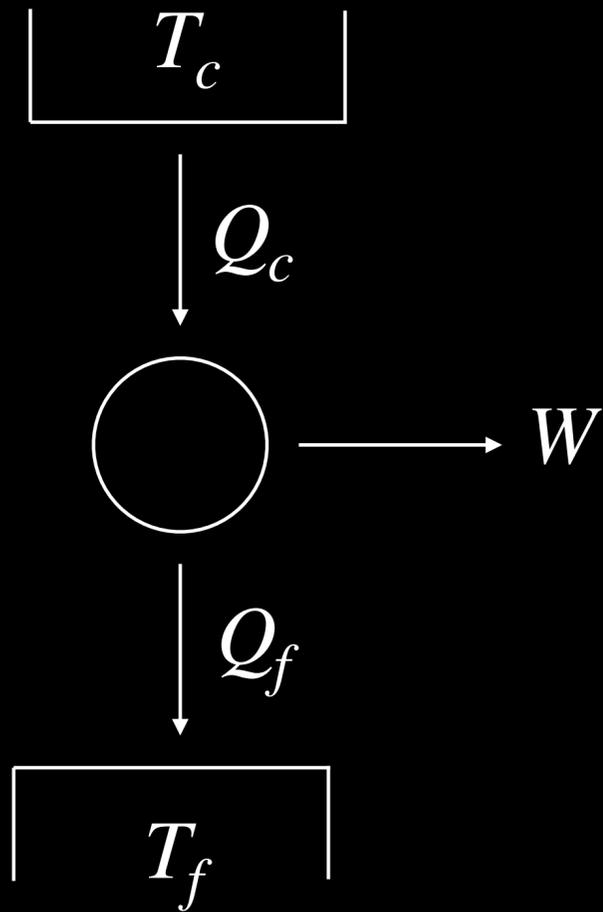
$$\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_f}{T_f} \leq 0 \quad \longrightarrow \quad -Q_f \leq -\frac{T_f}{T_c} Q_c$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c}$$

$$W = Q_c - Q_f \leq \left(1 - \frac{T_f}{T_c}\right) Q_c$$

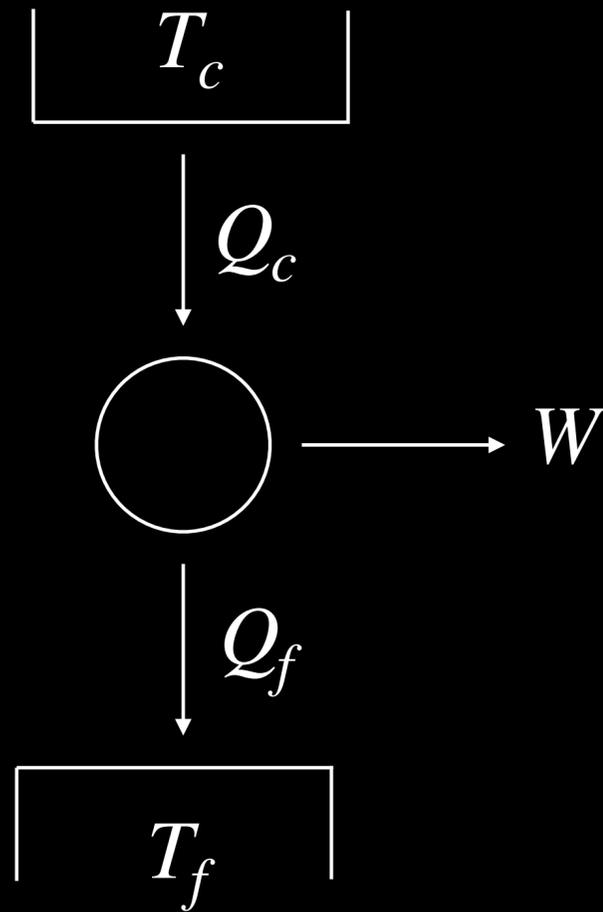
$$\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_f}{T_f} \leq 0 \quad \longrightarrow \quad -Q_f \leq -\frac{T_f}{T_c} Q_c$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c} \leq 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

$$W = Q_c - Q_f \leq \left(1 - \frac{T_f}{T_c}\right) Q_c$$

$$\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_f}{T_f} \leq 0 \quad \longrightarrow \quad -Q_f \leq -\frac{T_f}{T_c} Q_c$$



$$\eta = \frac{W}{Q_c} \leq 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

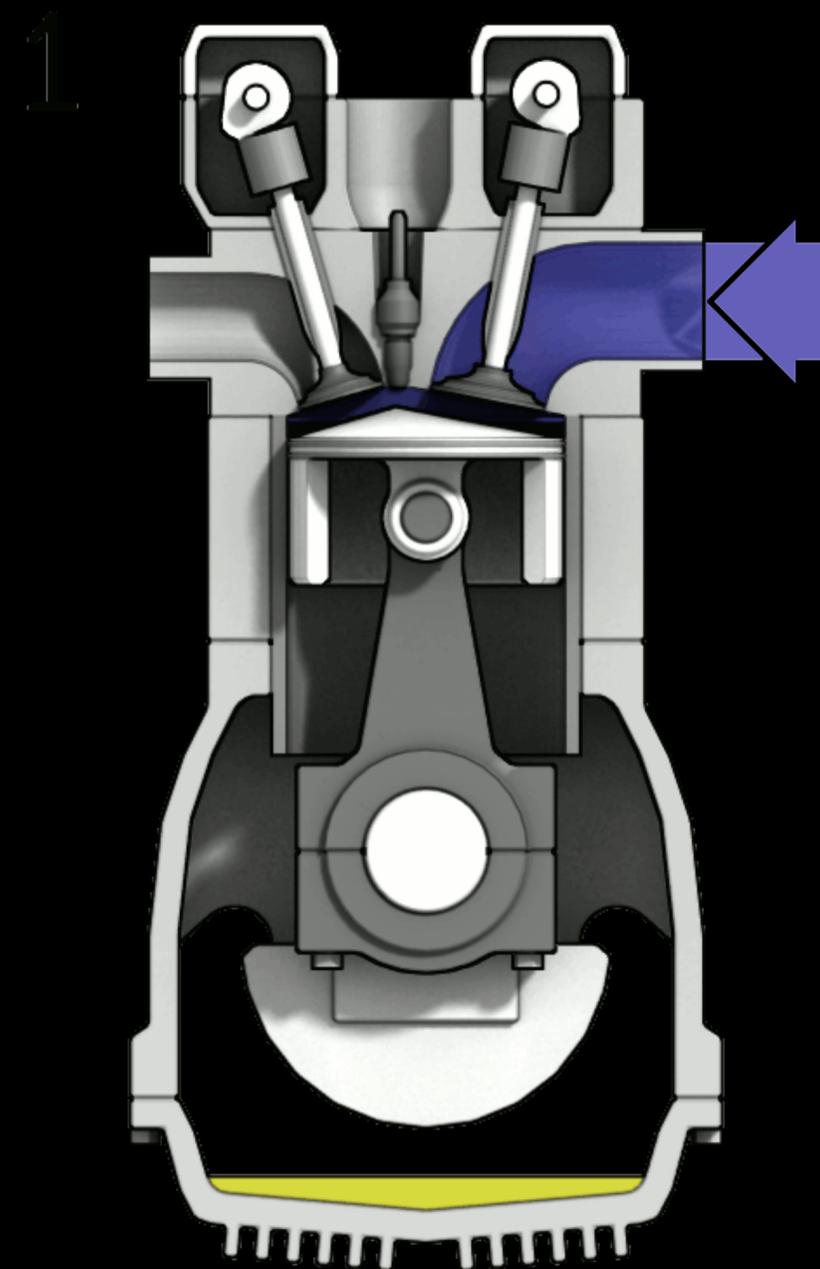
$$W = Q_c - Q_f \leq \left(1 - \frac{T_f}{T_c}\right) Q_c$$

$$\frac{Q_c}{T_c} - \frac{Q_f}{T_f} \leq 0 \quad \longrightarrow \quad -Q_f \leq -\frac{T_f}{T_c} Q_c$$

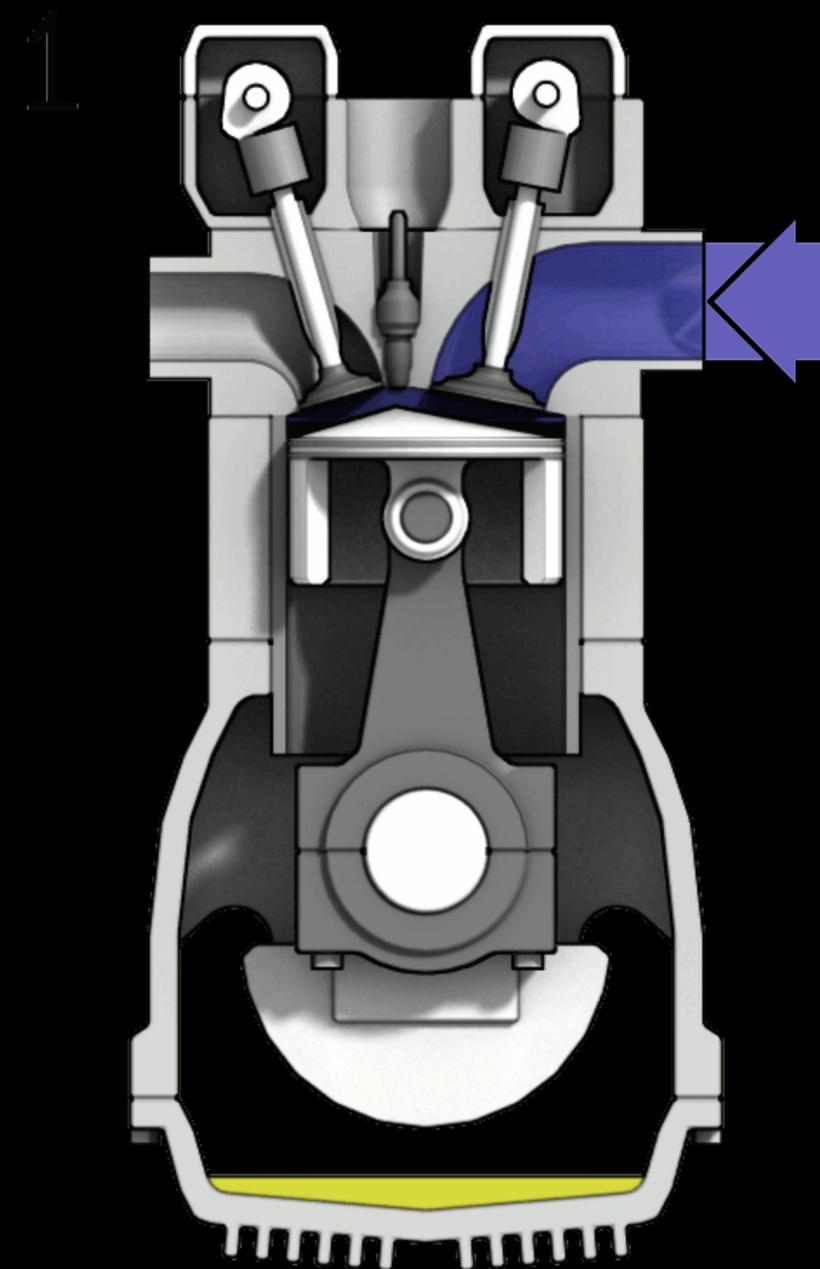
Ciclo de Otto

1. Compresión adiabática de A a B
2. Calentamiento isocórico de B a C
3. Expansión adiabática de C a D
4. Enfriamiento isocórico de D a A

1. Compresión adiabática de A a B
2. Calentamiento isocórico de B a C
3. Expansión adiabática de C a D
4. Enfriamiento isocórico de D a A



1. Compresión adiabática de A a B
2. Calentamiento isocórico de B a C
3. Expansión adiabática de C a D
4. Enfriamiento isocórico de D a A



Entropía del gas ideal

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T}$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T}$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad \longrightarrow \quad f'(V) = \frac{NR}{V}$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad \longrightarrow \quad f'(V) = \frac{NR}{V} \quad \longrightarrow \quad f(V) = NR \log \frac{V}{\Phi}$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad \longrightarrow \quad f'(V) = \frac{NR}{V} \quad \longrightarrow \quad f(V) = NR \log \frac{V}{\Phi}$$

$$\longrightarrow \quad S(T, V) = NR \log \frac{VT^\alpha}{\Phi}$$

Gas ideal: $pV = NRT$ $C_V = \alpha NR$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T} = \frac{\alpha NR}{T} \quad \longrightarrow \quad S(T, V) = \alpha NR \log T + f(V)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad \longrightarrow \quad f'(V) = \frac{NR}{V} \quad \longrightarrow \quad f(V) = NR \log \frac{V}{\Phi}$$



$$S(T, V) = NR \log \frac{VT^\alpha}{\Phi}$$