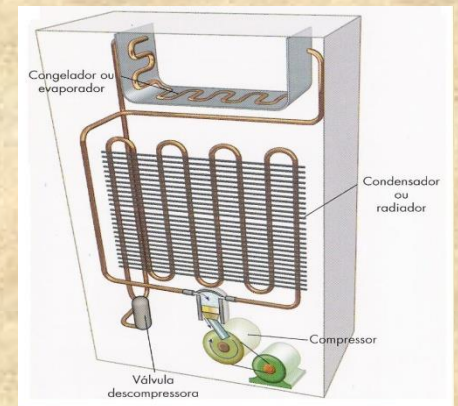
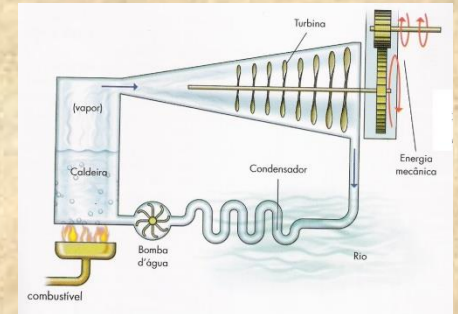
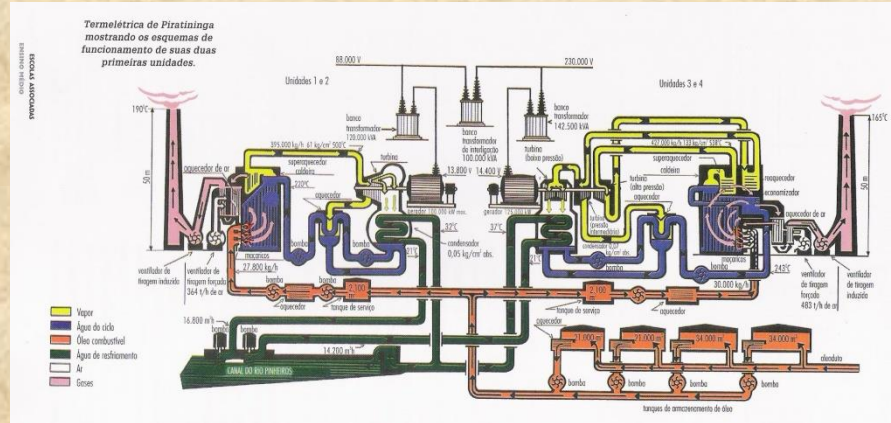
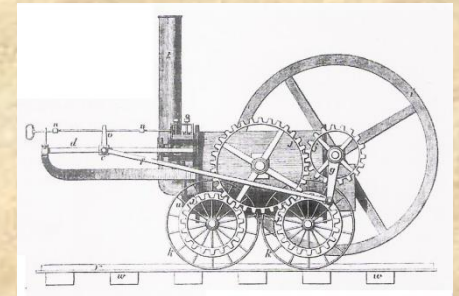
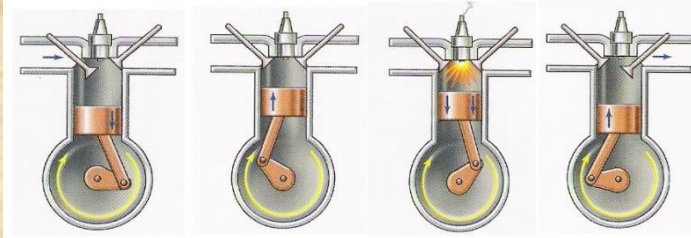


Máquinas Térmicas e Sistemas Refrigeradores



Princípios termodinâmicos

➤ 1ª lei da termodinâmica: $\Delta U = Q - W$

➤ 2ª lei da termodinâmica: por meio de operações contínuas é impossível transformar toda a energia térmica, por troca de calor, em energia mecânica, ou seja, em realização de trabalho.

➤ Lei geral dos gases perfeitos:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

Transformação Isovolumétrica

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

\Rightarrow

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

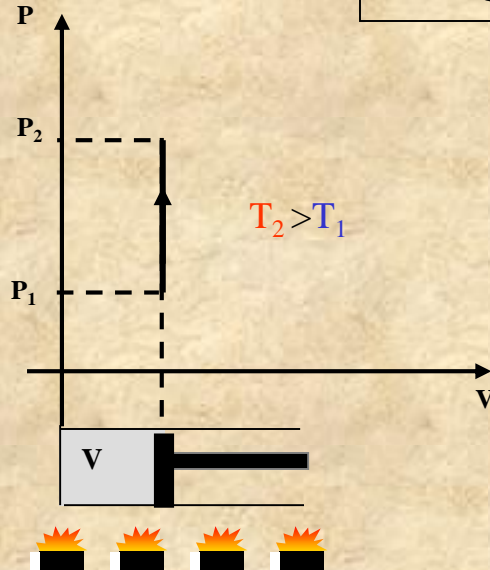
$V = \text{const}$

$W = 0$

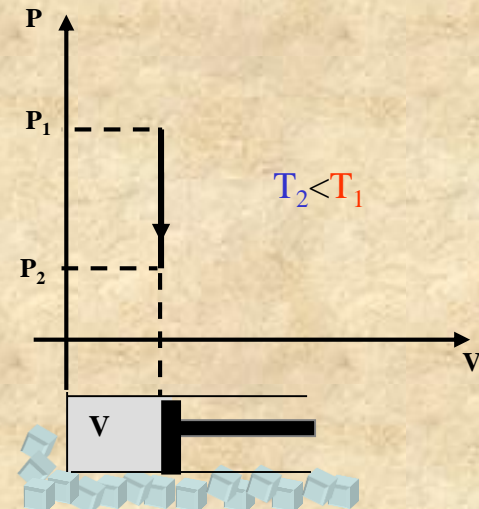
$$\Delta U = Q - W$$

\Rightarrow

$$\Delta U = Q$$



- $\Delta U = Q$, ambos positivos
- Como não há realização de trabalho, todo o calor fornecido ao gás é transformado em energia interna e o gás se aquece.
- Exemplos: explosão da gasolina no motor de quatro tempos; panela de pressão sem escape do gás.



- $\Delta U = Q$, ambos negativos
- Como não há realização de trabalho, o gás esfria, diminuindo sua energia interna conforme perde calor.
- Exemplos: descompressão gasosa na câmara de combustão de um motor de quatro tempos devido à abertura da válvula de escape.

Transformação Isotérmica

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

\Rightarrow

$$p_A V_A = p_B V_B$$

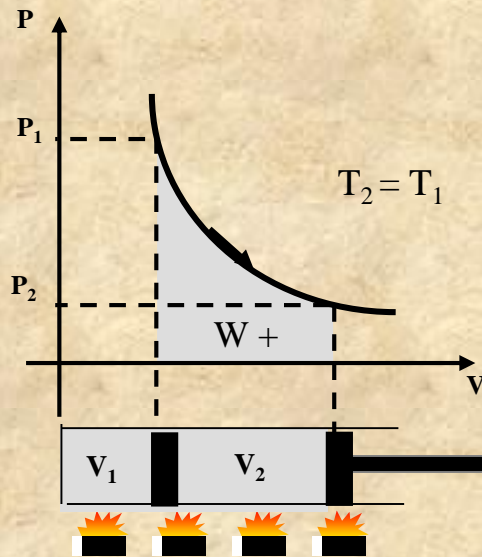
$T = \text{const}$

$\Delta U = 0$

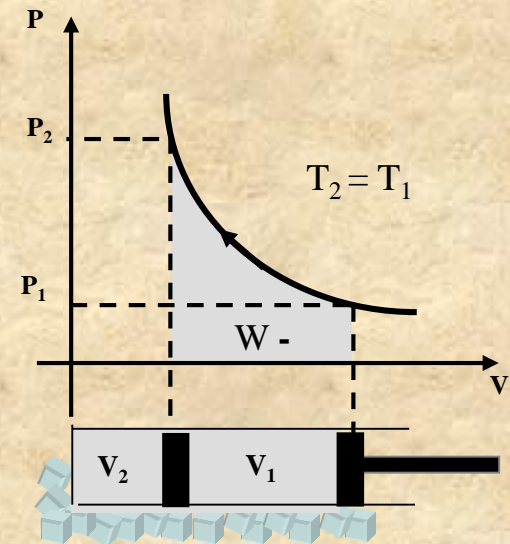
$$\Delta U = Q - W$$

\Rightarrow

$$Q = W$$



- $Q = W$, ambos positivos
- Como não há variação de energia interna, todo o calor fornecido ao gás é transformado em trabalho.
- Exemplo: expansão gasosa a temperatura constante no ciclo de Carnot.



- $Q = W$, ambos negativos
- Como não há variação de energia interna, o gás perde calor na mesma taxa em que sofre a realização de trabalho.
- Exemplo: compressão gasosa a temperatura constante no ciclo de Carnot.

Transformação Adiabática

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

⇒

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

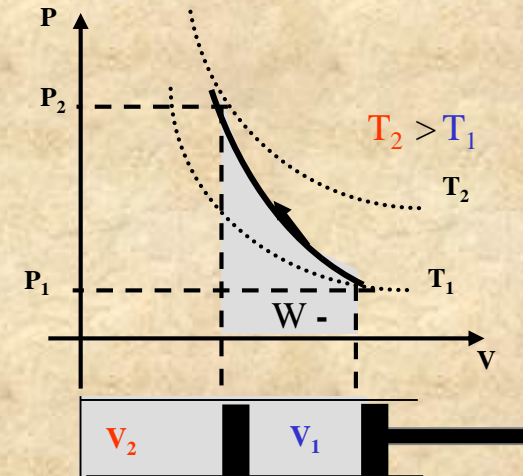
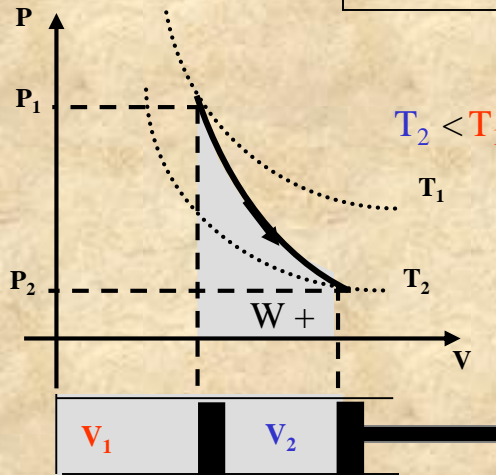
P, V e T
variam

Q = 0

⇒

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -W$$



- $\Delta U = -W$, com $W +$ e $\Delta U -$
- Como não há troca de calor, o gás esfria ao perder energia interna conforme se expande violentamente.
- Exemplos: liberação do gás contido em um frasco de aerossol; expansão gasosa após a explosão do combustível em um motor de quatro tempos (3ª etapa); descompressão gasosa na válvula de descompressão de um refrigerador.

- $\Delta U = -W$, com $W -$ e $\Delta U +$
- Como não há troca de calor, o gás esquenta ao ganhar energia interna por ser violentamente comprimido.
- Exemplos: bombeamento de ar em uma bomba de encher pneu de bicicleta; compressão gasosa feita pelo movimento do pistão em um motor de quatro tempos (2ª etapa); compressão gasosa no compressor de um refrigerador.

Transformação Isobárica

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

⇒

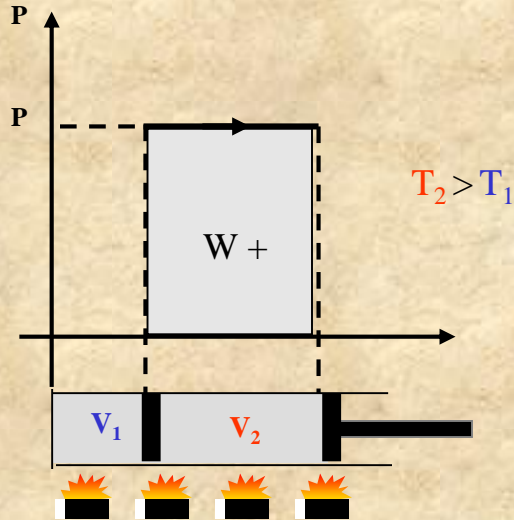
$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

P = const

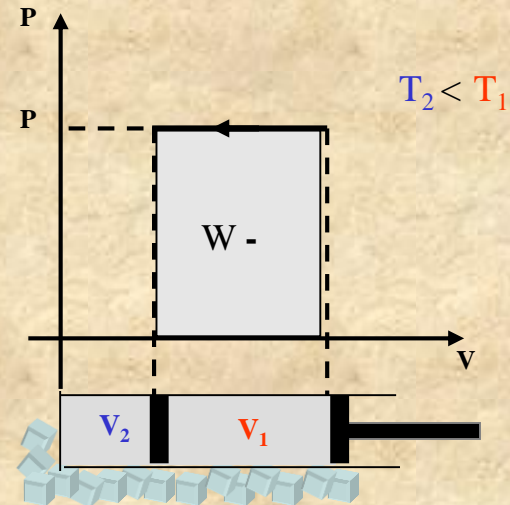
ΔU, Q e W
variam

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = Q - W$$



- $\Delta U = Q - W$, todos positivos.
- Ao ganhar calor ($Q +$) de uma fonte quente, o gás esquenta ($\Delta U +$) e se expande, realizando trabalho ($W +$).
- Exemplos: admissão de gás no motor de quatro tempos (1ª etapa); vaporização do fluido freon no congelador de um refrigerador.



- $\Delta U = Q - W$, todos negativos.
- Ao perder calor ($Q -$) para uma fonte fria, o gás esfria ($\Delta U -$), conforme vai sendo comprimido ($W -$).
- Exemplos: exaustão do gás após abertura da válvula de escape de um motor de quatro tempos (4ª etapa); condensação do gás freon no condensador de um refrigerador

Transformação Cíclica

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$$

\Rightarrow

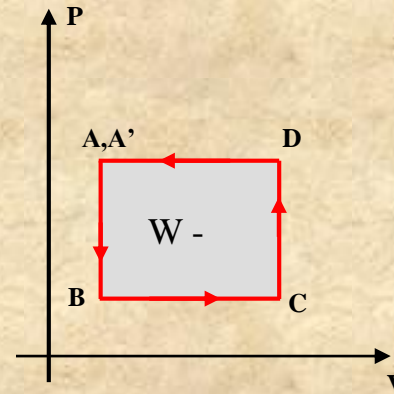
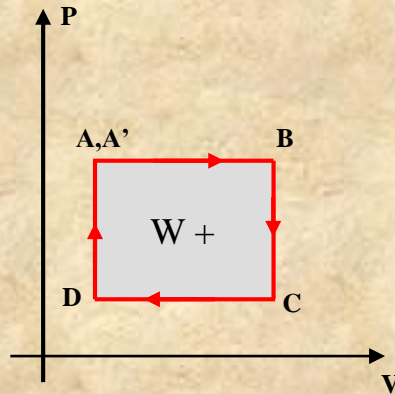
$$p_A = p_{A'}; V_A = V_{A'}; T_A = T_{A'}$$

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$$

$$\Delta U = Q - W$$

\Rightarrow

$$Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$$



- $Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$, ambos positivos.
- Após uma série de transformações termodinâmicas, o gás volta às condições iniciais para o reinício do ciclo, que tem como balanço energético a utilização de parte do calor recebido de uma fonte quente para a realização de trabalho pelo gás ($W_{\text{ciclo}} +$), com o restante do calor não utilizado sendo cedido a uma fonte fria ($Q_{\text{ciclo}} +$).
- Exemplo: máquinas térmicas.

- $Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$, ambos negativos.
- Após uma série de transformações termodinâmicas, o gás volta às condições iniciais para o reinício do ciclo, que tem como balanço energético a utilização do trabalho realizado sobre o gás ($W_{\text{ciclo}} -$) para a extração de calor da fonte fria e sua transferência a uma fonte quente ($Q_{\text{ciclo}} -$).
- Exemplo: sistemas refrigeradores.