

TRASFORMAZIONI TERMODINAMICHE – SISTEMI CHIUSI O SENZA DEFLUSSO –

Si fa riferimento alla massa unitaria ($m = 1 \text{ kg}$) di un gas ideale e le trasformazioni sono quasi – statiche; si suppone che il sistema termodinamico subisca una trasformazione che lo porta dallo stato iniziale (stato 1) allo stato finale (stato 2).

Si ricorda che

- la variazione di temperatura nella scala Kelvin coincide con la variazione di temperatura nella scala Celsius $(T_2 - T_1) = (t_1 - t_2)$

- Il rapporto tra i volumi massici coincide con il rapporto tra i volumi $\frac{v_1}{v_2} = \frac{V_1}{V_2}$

Trasformazione ISOCORA $v = V = \text{costante}$

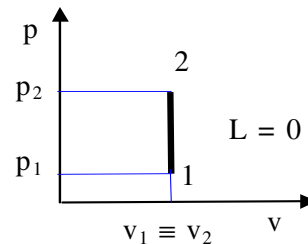
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{legge di GAY - LUSSAC}$$

$$L = 0 \quad \text{poichè } (v_2 - v_1) = 0$$

$$Q = c_v \cdot (T_2 - T_1) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) ; Q = c_v \cdot (T_2 - T_1) \quad (\text{J})$$

$$Q = \Delta U + L \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = c_v \cdot (T_2 - T_1) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$



- Il calore somministrato al sistema provoca un aumento della pressione e della temperatura (quindi dell'energia interna).
- Il calore sottratto al sistema provoca un diminuzione della pressione e della temperatura (quindi dell'energia interna).
- La linea di trasformazione nel piano p-v è parallela all'asse delle ordinate.

Trasformazione ISOBARA $p = \text{costante}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{legge di GAY - LUSSAC}$$

$$L = p \cdot (v_2 - v_1) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) ; L = m \cdot p \cdot (v_2 - v_1) \quad (\text{J})$$

$$L = p \cdot (V_2 - V_1) \quad (\text{J})$$

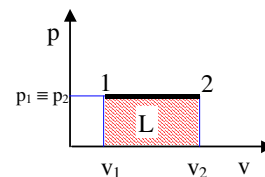
$$Q = c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) ; Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (\text{J})$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = c_v \cdot (T_2 - T_1) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q = \Delta U + L$$

$$c_p \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot (T_2 - T_1) + p \cdot (v_2 - v_1)$$

$$c_p \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot (T_2 - T_1) + R \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow c_p - c_v = R$$



- Il calore somministrato al sistema provoca un aumento del volume e della temperatura (quindi dell'energia interna).
- Il calore sottratto al sistema provoca un diminuzione del volume e della temperatura (quindi dell'energia interna).
- La linea di trasformazione nel piano p-v è parallela all'asse delle ascisse.

Trasformazione ISOTERMA $T = \text{costante}$

$$p \cdot v = \text{cost.} \quad \text{cioè} \quad p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2 \quad \text{legge di BOYLE}$$

$$L = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv = R \cdot T \cdot \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

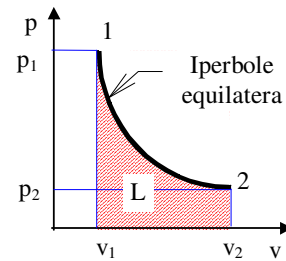
$$L = p_1 v_1 \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$L = p_2 v_2 \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = c_v \cdot (T_2 - T_1) = 0 \quad \text{poichè} \quad T = \text{cost.}$$

$$Q = \Delta U + L \Rightarrow Q = L \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

- Se la pressione aumenta, il volume diminuisce (compressione)
- Se la pressione diminuisce, il volume aumenta (espansione)
- La linea di trasformazione nel piano $p - v$ è un'iperbole equilatera

**Trasformazione ADIABATICA $Q = 0$**

$$p \cdot v^k = \text{cost.} \quad \text{cioè} \quad p_1 \cdot v_1^k = p_2 \cdot v_2^k \quad \text{con} \quad k = \frac{c_p}{c_v}$$

$$p \cdot v \cdot v^{k-1} = \text{cost.} \Rightarrow R \cdot T \cdot v^{k-1} = \text{cost.} \Rightarrow T \cdot v^{k-1} = \text{cost.}$$

$$p \cdot \left(\frac{R \cdot T}{p} \right)^k = \text{cost.} \Rightarrow T^k \frac{p}{p^k} R^k = \text{cost.} \Rightarrow T^k \cdot p^{1-k} = \text{cost.}$$

$$\sqrt[k]{T^k} \cdot \sqrt[k]{p^{1-k}} = \sqrt[k]{\text{cost.}}$$

$$T \cdot p^{\frac{1-k}{k}} = \text{cost.}$$

$$Q = \Delta U + L \Rightarrow L = -\Delta U$$

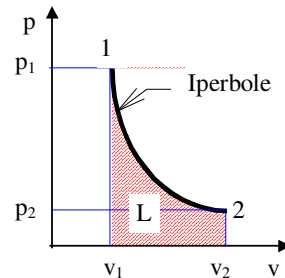
$$L = -c_v \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot (T_1 - T_2) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$L = \frac{1}{k-1} \cdot (p_1 \cdot v_1 - p_2 \cdot v_2) \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$L = \frac{p_v \cdot v_1}{k-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} \right] \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$L = \frac{R \cdot T_1}{k-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} \right] \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$L = \frac{p_v \cdot v_1}{k-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$



- Nell'espansione aumenta il volume mentre diminuiscono pressione e temperatura (quindi l'energia interna).
- Nella compressione diminuisce il volume mentre aumentano pressione e temperatura (quindi l'energia interna).
- La linea di trasformazione nel piano $p - v$ è un'iperbole.