Esercitazione 4

Socrative

(5) Un processo reversibile ha S_{IRR} nullo ✓

(6) Un processo che presenta $\Delta S<0$ è impossibile

$\boxed{\text{FALSO}}$ è $S_{IRR}<0$ che significa è impossibile

(8) Un processo isoentropico è un processo adiabatico e reversibile

$$\Delta S = S^{\leftarrow} + S_{IRR}$$

$$\Delta S = 0$$

$\boxed{\text{Falso}}$ non necessariamente perché $S^{+} = -S_{IRR}$ lo rende anche lì isoentropico

(7) Un processo con $\Delta S = 0$ è reversibile

$\boxed{\text{Falso}}$ $S_{IRR} = 0 \Rightarrow$ reversibile

(9) Un processo adiabatico e reversibile è un processo isoentropico $\boxed{\text{Si}}$

(10) In un processo adiabatico ΔS non può essere minore di ϕ

VERA

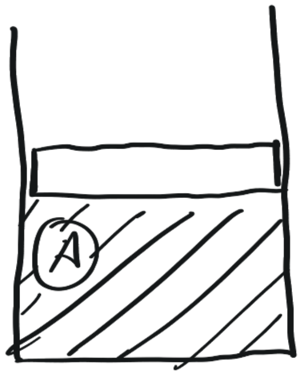
$$\underset{\geq 0}{\Delta S} = \cancel{S}^{\,0} + S_{IRR}^{\geq 0}$$

(11) Un processo con $S_{IRR} < 0$ è impossibile

$\boxed{\text{Vera}}$

Esercitazione 5 - Lavoro di Espansione e Compressione

↳ Tutti cilindro pistone



$$L_{12}^{A} = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$$

Per risolvere dobbiamo avere che P sia sempre definita

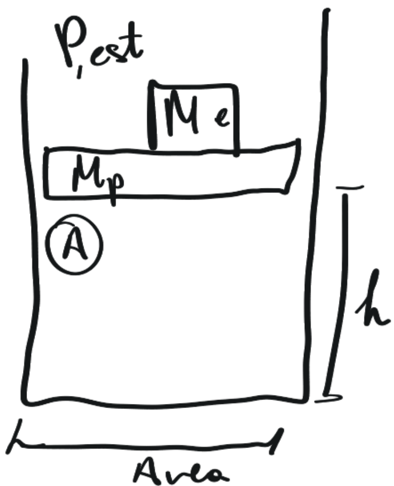
Per processo isobaro → $P = cost$

$$L_{12}^{A\rightarrow} = P\Delta V \qquad P = \frac{MR^{*}T}{V}$$

Impossibile se ci sono cambi molto veloci.

$$L_{12}^{A\rightarrow} = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV$$

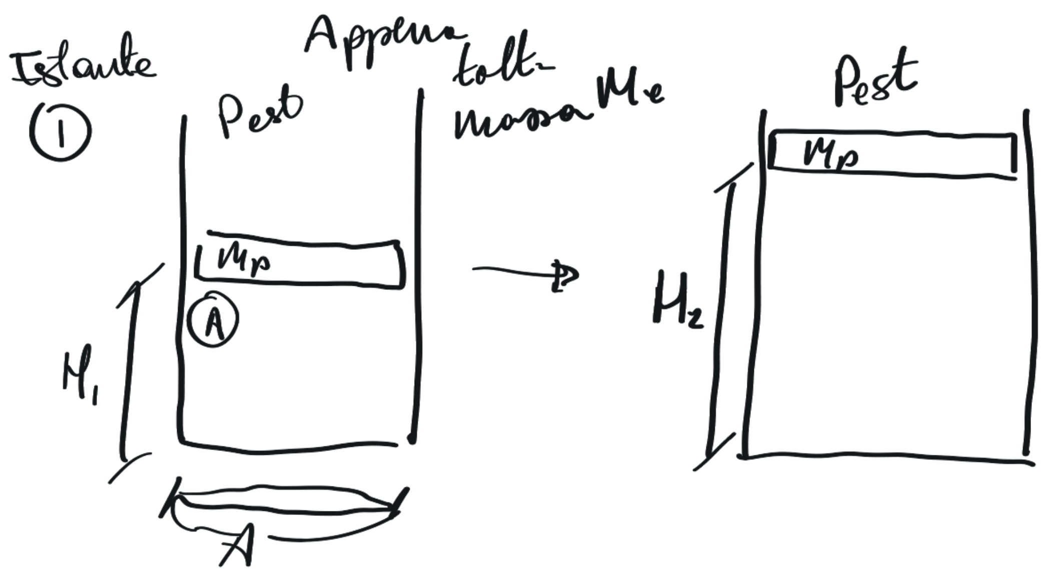
Tra 1 e 2 non è sempre definita



Le masse e pressione possono rendere più difficili i calcoli

- M_p → massa pistone
- M_e → massa che grava sul pistone
- P_{est} → pressione esterna

M_p ← Ipotesi : Trascuriamo forze di attrito e inerzia



La pressione non è definita ad ogni istante, però dobbiamo lo stesso sapere il lavoro

$$\mathcal{L}_{12}^{A} = ? \longrightarrow \mathcal{L}_{12}^{A} = -\mathcal{L}_{F_{est}}$$

$$\mathcal{L}_{F_{est}} = \int_{H_1}^{H_2} M_p \cdot g \, dz + \int_{H_1}^{H_2} P_{est} \cdot A \cdot dz =$$

dz ↑ F_{est} ↓

$$= -M_p \cdot g \cdot (H_2 - H_1) - P_{est} \cdot A (H_2 - H_1)$$

versi opposti quindi meno

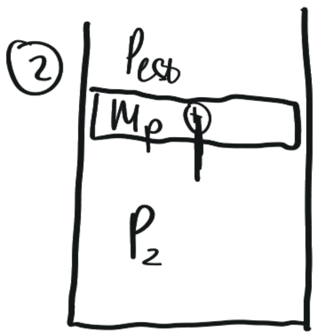
$$\mathcal{L}_{F_{est}} = \Big(\underbrace{\frac{M_g \cdot g}{A}}_{\text{Pressione}} + P_{est}\Big)\big(H_2 - H_1\big)\cdot A =$$

$$P \cdot A \cdot z = \text{Lavoro}$$

$$= -\left(\frac{M_p \cdot g}{A} + P_{est}\right)\cdot\left(V_2 - V_1\right)$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = -\mathcal{L}_{F_{est}} = +\left(\frac{M_p \cdot g}{A} + P_{est}\right)\left(V_2 - V_1\right)$$

Cosa accade in 2 ? 2 è una situazione di equilibrio



$$\boxed{P_2 \cdot A = P_{est} \cdot A + M_p \cdot g}$$

$$P_2 = \frac{M_p \cdot g}{A} + P_{est}$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = P_2\left(V_2 - V_1\right) \qquad \boxed{\mathcal{L}_{if}^{A\to} = P_f\left(V_f - V_i\right)}$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = P_2\left(V_2 - V_1\right)$$

→ positivo quando $\Delta V > 0$
⇒ c'è espansione $(V_2 > V_1)$

→ negativo quando $\Delta V < 0$
⇒ c'è compressione $(V_2 < V_1)$

Andremo direttamente alla pressione finale

Esercizio 1

$M = 0,5\ kg$ Aria → gas biatomico

$T_1 = 300K$ $D = 0,05\ m$ $M_{sf} = 5kg$

$M_F = 10\ kg$

$d = 0,002\ kg$ $P = 101325\ Pa$

$\rho = 7800\ kg/m^3$

M_p = no attrito

· capacità termica trascurabile cilindro e stantuffo

· Adiabatico

? T_2 aria ? T_2

? $L_{12}^{A\to}$? $L_{12}^{A\to}$

? ΔS_{12}^{A} ? ΔS_{12}^{A}

↳ tolgo ripetitivamente il contenitore

togliendo una ad una le sferette e attendo

$$R^* = \frac{R}{M_m} \quad 286,7\ \frac{J}{kg\,K}$$

$$\text{Area camera} = \frac{D^2 \pi}{4} = 0,00196\ m^2$$

$$c_v^{*A} = \frac{5}{2} R^* = 716,7 \ \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$M_{sfera} = \rho_{sfera} \cdot V_{sfera} = 3,265 \cdot 10^{-5} \ kg$$

$$\#_{sfere} = \frac{M_f}{M_{sfera}} = 306,222 \text{ sfere}$$

togliendo le sferette porto a successivi stati di equilibrio stabile

gas perfetto

$$\Delta U_{12}^A = U_2^A - U_1^A \overset{G.P}{=} M c_v^* (T_2^A - T_1^A) =$$

$$= \cancel{Q_{12}^{A\leftarrow}} - L_{12}^{A\rightarrow}$$

$$L_{12}^{A\rightarrow} = \int_{V_1}^{V_2} P \, dV$$

P non è definita in ogni istante del processo!!!

Negli appunti P_e anziché P_2

$$P_2 = P_{ATM} + \frac{M_{st} \cdot g}{A} \qquad \mathcal{L}_{12}^{A\rightarrow} = P_2 (V_2 - V_1)$$

$$P_1 = P_2 + \frac{M_F \cdot g}{A} = 176\,400 \ Pa \qquad P_2 = 126350 \ Pa$$

$$PV = MR^*T \longrightarrow V_1 = \frac{M_1 R^* T_1}{P_1} = \frac{MR^* T_1}{P_2 + \frac{M_F \cdot g}{A}}$$

$$\hookrightarrow V_2 = \frac{MR^* T_2}{P_2} = \frac{MR^* T_2}{P_2}$$

$$\Delta U_{12}^{A} = -\mathcal{L}_{12}^{A\to}$$

$$M c_v^*(T_2 - T_1) = -P_2\left(\frac{MR^* T_2}{P_2} - \frac{MR^* T_1}{P_2 + \frac{M_F \cdot g}{A}}\right)$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{c_v^* + \frac{R^* \cdot P_2}{P_2 + \frac{M_F \cdot g}{A}}}{c_v^* + R^*} = 275{,}70\ K$$

$$\Delta U_{12}^{A} = M c_v^*(T_2 - T_1) = -8708\ J$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A} = -\Delta U_{12}^{A} = 8708\ J$$

$$\Delta S \overset{G.P}{=} M\left(c_p^* \ln\frac{T_2}{T_1} - R^* \ln\frac{P_2}{P_1}\right) = 5{,}366\ \frac{J}{K}$$

Secondo Caso → dove vengono tolti ad 1 ad 1

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV \qquad \underline{P} = \frac{MR^* \underline{T}}{\underline{V}}$$ → variano P, V e T, non riesco a svolgere l'integrale

È Una successione di stati di equilibrio statici

⇒ processo è <u>reversibile</u>!!

ABIABATICO + REVERSIBILE ⇒ <u>ISOENTROPICO</u>

$$\Delta S^{A} \overset{G.P}{=} M c_p^* \ln\frac{T_2'}{T_1} - MR^* \ln\frac{P_2'}{P_1} = \cancelto{0}{S_{gen}} + \cancelto{0}{S_{irr}} = 0$$

$$\cancel{M} c_p^* \ln \frac{T_2'}{T_1} = \cancel{M} R^* \ln \frac{P_2'}{P_1} \qquad P_2' = P_2$$

$$\frac{T_2'}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R^*}{c_p^*}} \qquad \begin{cases} k = \gamma = \frac{c_p^*}{c_v^*} \\ c_p^* = c_v^* + R^* \end{cases}$$

$$\frac{T_2'}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

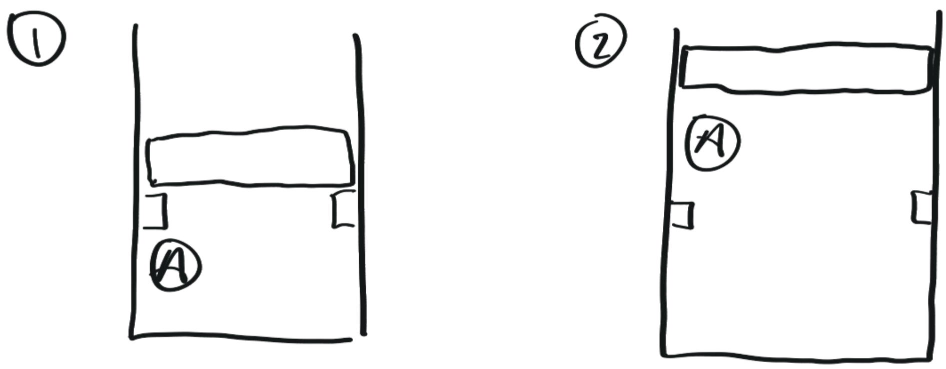
$$T_2' = T_1 \left(\frac{P_2}{P_2 + \frac{M_F \cdot g}{A}} \right)^{\frac{R^*}{c_p^*}} = \boxed{273{,}23\,K} \rightarrow T_2' < T_2$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\rightarrow} = -\Delta U^A = U_1 - U_2 = M c_v^* (T_1 - T_2^* = 9604{,}18\,J$$

è maggiore

$$\Delta S_{12}^A = 0$$

Esercizio 2



Aria, gas perfetto, no attrito, no inerzie, non adiabatico

P per alzare il pistone 350 kPa

$V_1 = 400\,dm^3 = 0,4\,m^3$

$T_1 = 300,15\,K$

$P_1 = 150000\,Pa$

$V_2 = 2V_1 = 0,8\,m^3$

$M_m = 29\,kg/kmol$

$R^* = \frac{R}{M_m} = 286,7\,\frac{J}{kgK}$

$?\,T_f$

$?\,L_{12}^{A\rightarrow}$

$?\,Q^{A\leftarrow}$

Calcoli

$P_2 = 350000\,Pa$

Il processo si compone di 2 parti

$1 \rightarrow 2'$ Il gas si scalda e aumenta $P \rightarrow 350000\,Pa$ ⇒ quando può esser in grado di sostenere senza blocchi, il pistone

TRASFORMAZIONE ISOCORA

$2' \rightarrow 2$ Gas in equilibrio con il pistone e si espande fino a raddoppiare il volume

TRASFORMAZIONE ISOBARA

$P_1 V_1 = M R^* T_1$

$M = \frac{P_1 V_1}{R^* T_1} = 0,697\,kg$

$T_2 = \frac{P_2 V_2}{M R^*} = 1401,2\,K$

$$T_{2'} = \frac{P_2 V_1}{M R^*} = 700{,}6\,K$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = \underbrace{\mathcal{L}_{12'}^{A\to}}_{\substack{\text{Isocoro}\\ \Delta V = 0\\ \Rightarrow \mathcal{L} = 0}} + \mathcal{L}_{2'2}^{A\to} = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV =$$

$$\mathcal{L}_{12}^{A\to} = \mathcal{L}_{2'2}^{A\to} = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV = P_2 (V_2 - V_1) = 140\,kJ$$

Processo Isobaro

Lavoro uscente positivo

Volume cresce? Si

Bilancio di Energia

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = Q_{12}^{A} - \mathcal{L}_{12}^{A\to}$$

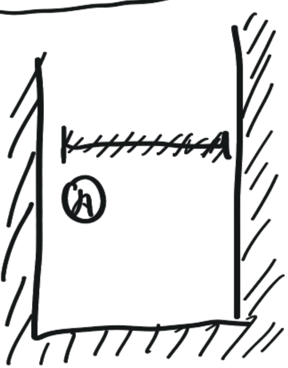
Gas perfetto

$$\Delta U_{12} \overset{G.P}{=} U_2 - U_1 = M c_v^* (T_2 - T_1) = 550\,kJ$$

$$Q_{12}^{A\leftarrow} = \Delta U_{12} + L_{12}^{A\to} = 550\,kJ + 140\,kJ = \boxed{690\,kJ}$$

Esercizio 4

1



CH_4 gas poliatomico non lineare

$M_m = 16\,kg/kmol$

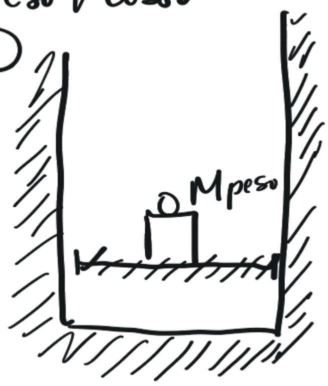
$P_1 = 2\,bar = 2 \cdot 10^5\,Pa$

$V_1 = 0{,}002\,m^3$

$T_1 = 293{,}15\,K$

Peso Messo

(2)



$P_2 = 10 \text{ bar} = 10^6 \text{ Pa}$

$V_2 = 0{,}0008 \text{ m}^3$

$? \Delta U_{12}^A$

$? \Delta H_{12}^A$

$? \Delta S_{12}^A$

? processo tipo

$$R^* = \frac{R}{M_m} = 519{,}6 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$c_v^* = 3R^* = 1558{,}9 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$c_p^* = c_v^* + R^* = 2078{,}5 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Bilancio di Energia

$$M_1 = \frac{P_1 \cdot V_1}{R^* \cdot T_1} = 0{,}0026 \text{ kg} \rightarrow \text{sistema chiuso } M_1 = M_2 = M$$

$$\Delta U_{12}^A = \cancel{Q_{12}^{A\rightarrow}}^{\,0 \text{ ADIABATICO}} - L_{12}^{A\rightarrow}$$

$$\Delta U_{12}^A = U_2 - U_1 \overset{G.P.}{=} M c_v^* (T_2 - T_1)$$

$$L_{12}^{A\rightarrow} = \int_{V_1}^{V_2} P dV \rightarrow$$ la pressione non è definita in ogni istante della trasformazione

Quindi calcolo lavoro forze esterne

$L_{12}^{A\to} = P_2(V_2 - V_1) = -1200\,J$ negativo, ΔV è negativo

$\Delta U_{12}^{A} = -L_{12}^{A\to} = 1200\,J \rightarrow T_2 = \dfrac{\Delta U_{12}^{A} + Mc_v^{*}T_1}{Mc_v^{*}} =$

$= 589{,}22\,K$

$\Delta H_{12}^{A} = H_2^{A} - H_1^{A} \overset{G.P}{=\!=} Mc_p^{*}(T_2 - T_1) = 1600\,J$

$\Delta S_{12}^{P} = S_2^{A} - S_1^{A} \overset{G.P}{=\!=} M\left(c_p^{*} \ln \frac{T_2}{T_1} - R^{*} \ln \frac{P_2}{P_1}\right) = 1{,}599\,\frac{J}{K}$

$\Delta S_{12} = S_2^{A} - S_1^{A} = \underbrace{\cancel{S^{A\to}}}_{0} + S_{IRR} \qquad S_{IRR} = \Delta S_{12}^{A} = 1599\,\frac{J}{K}$

>0 possibile e irreversibile

Blu

$P_{2'} \cdot V_{2'} = MR^{*}T_{2'}$

$\Delta U_{12'}^{A} = U_{2'}^{A} - U_1^{A} \overset{G.P}{=\!=} Mc_v^{*}(T_{2'} - T_1) = Q_{12'}^{A\leftarrow} - L_{12'}^{A\to}$

$L_{12'}^{A\to} = P_{2'}(V_{2'} - V_1) =$

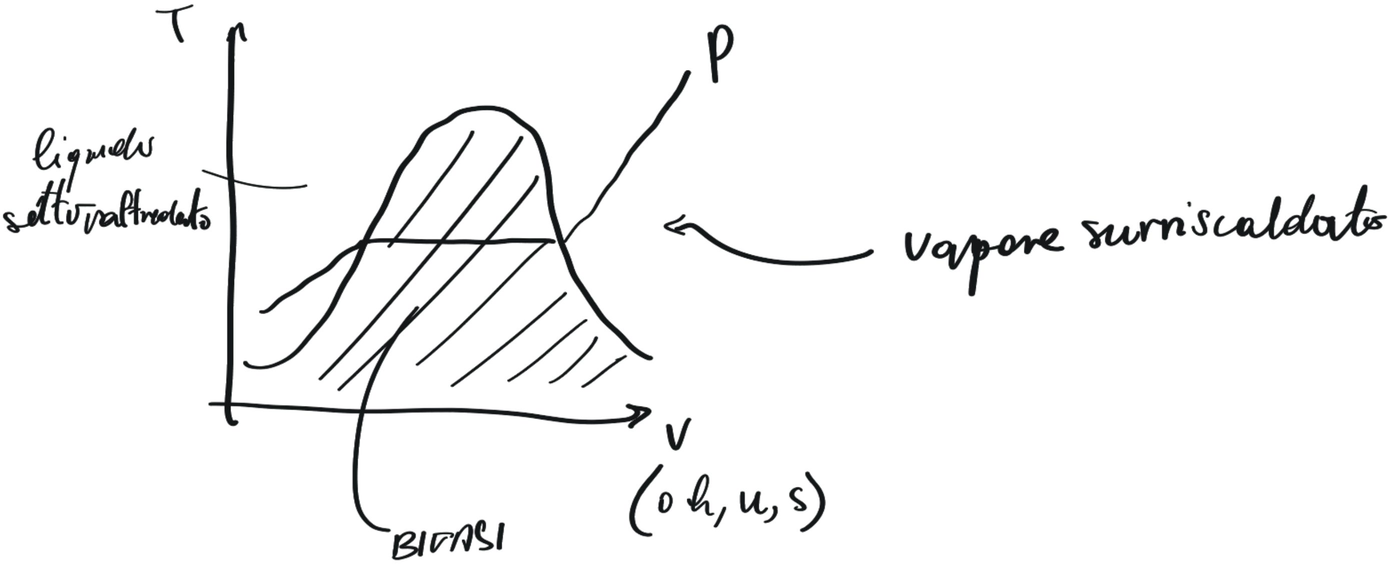
$Mc_v^{*}(T_{2'} - T_1) = -P_{2'}V_{2'} + P_{2'}V_1$

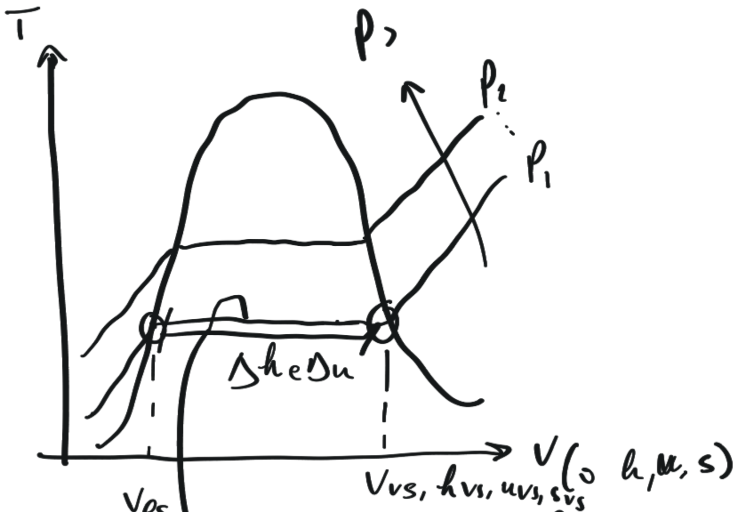
$Mc_v^{*}\left(\frac{P_{2'}V_{2'}}{MR^{*}} - T_1\right) = -P_{2'}V_{2'} + P_{2'}V_1$

$\cancel{M}\,3R^{*}\left(\frac{P_{2'}V_{2'}}{\cancel{M}R^{*}} - \frac{P_1V_1}{\cancel{MR^{*}}}\right) = -P_{2'}V_{2'} + P_2V_1$

$$V_{2'} = \frac{3P_1 V_1 + P_{2'} V_1}{4 P_{2'}} = 0{,}0011\, m^3$$

Esercitazione 6 — Teoria





→ $dT = 0$ in bifase quindi se so T so anche P

T	P	$\overbrace{V_{LS} \quad V_{VS}}^{v}$		$\overbrace{u_{LS} \quad u_{VS}}^{h}$		$\overbrace{h_{LS} \quad \Delta h \quad h_{VS}}^{h}$			$\overbrace{S_{LS} \quad S_{VS}}^{s}$	

In Cengel ci sono anche Δu e Δs

v_{LS} e v_{VS} saranno moltiplicato per 10^3 su Moran-Shapiro

x è il titolo $\quad X = \dfrac{M_{VS}}{M_m}$

In bifase $\quad 0 < x < 1$

$u_{LS} < u < u_{VS}$

$h_{LS} < h < h_{VS}$

...

Regola della Leva

$$u = (1-x)\,u_{LS} + X\,u_{VS} = u_{LS} + (u_{VS} - u_{LS})X$$

h

s

v

Per vapore surriscaldato tabelle a doppia entrata

Liquido sottoraffreddato.

$$u(T,P) \simeq u_{LS}@T$$

$$h(T,P) \simeq h_{LS}@T + v_{LS}@T\,(P - P_{SAT}@T)$$