Esercitazione 03 – Stati bifase

Esercizio 01 (link registrazione, min 50 in poi)

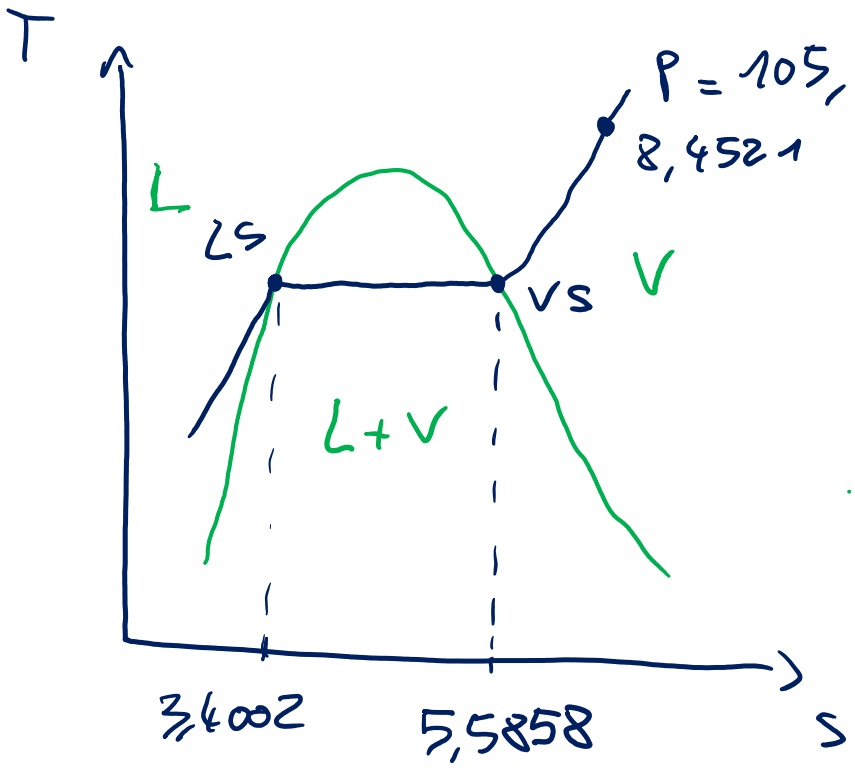
Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

3.1. *[base]* Utilizzando la tabella dell'acqua satura e del vapore surriscaldato, determinare lo stato dell'acqua (liquido sottoraffreddato, bifase, liquido saturo, vapore saturo, vapore surriscaldato) e la grandezza indicata tra parentesi, per tutti i casi seguenti:

1.	P = 10,561 MPa	s = 8.4521 kJ/kgK	(stato dell'acqua)
2.	T = 250 °C	v = 0.04276 m^3/kg	(h)
3.	v = 0.12 m^3/kg	P = 400 mbar	(s)
4.	T = 160 °C	P = 2 bar	(h)
5.	P = 60 bar	h = 3600 kJ/kg	(T)
6.	P = 80 bar	h = 1200 kJ/kg	(T)
7.	T = 80 °C	P = 10 kPa	(h)
8.	P = 2 bar	s = 5.5967 kJ/kg	(v)
9.	T = 250 °C	v = 0.27 m^3/kg	(P)
10.	P = 1000 kPa	h = 650 kJ/kg	(T)
11.	P = 2 MPa	x = 0,5	(s)
12.	T = 200 °C	v = 25 m^3/kg	(h)
13.	P = 2500 kPa	h = 1800 kJ/kg	(s)
14.	T = 60 °C	P = 50 kPa	(h)
15.	T = 140 °C	x = 1	(P)
16.	P = 70 kPa	s = 5.3 kJ/kgK	(v)

1. P = 10,561 MPa s = 8.4521 kJ/kgK (stato dell'acqua)



$s > s_{VS}$ (P = 105,61 bar)

vapore surriscaldato

2. T = 250 °C v = 0.04276 m³/kg (h)

$v_{LS}(T_{SAT} = 250\,°C) = 0,001251 \; m^3/kg$

$v_{VS}(T_{SAT} = 250\,°C) = 0,050037 \; m^3/kg$

$v_{LS} < v < v_{VS} \Rightarrow$ STATO BIFASE L+V

$h = h_{LS} + x(h_{VS} - h_{LS})$ x: titolo vapore

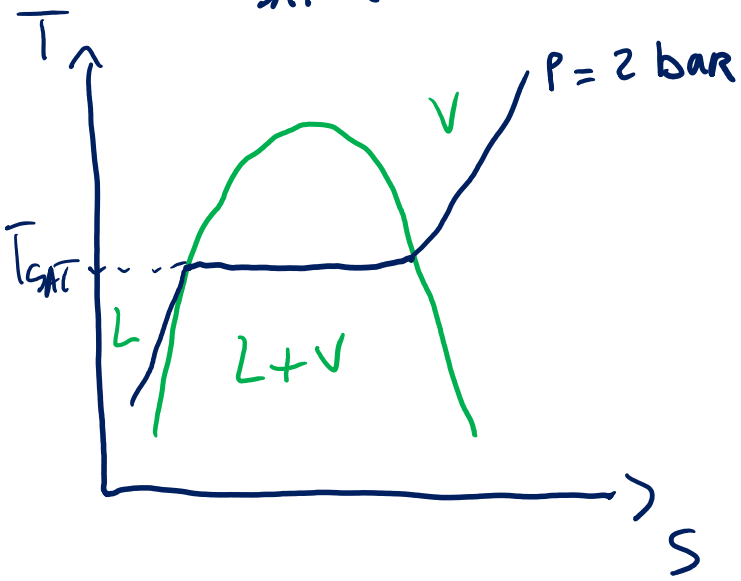
$v = v_{LS} + x(v_{VS} - v_{LS})$

$$x = \frac{v - v_{LS}}{v_{VS} - v_{LS}} = \frac{0,04276 - 0,001251}{0,050037 - 0,001251} = 0,851$$

$$h = 1085,8 + 0,851(2800,4 - 1085,8) = 2544,6 \; \frac{kJ}{kg}$$

4. T = 160 °C P = 2 bar (h)

$T_{SAT}(2\ bar) = 120{,}23\ °C$ $T > T_{SAT} \Rightarrow$ VAPORE SURRISCALDATO



$T_A < T < T_B$

A: $T_A = 150\ °C$ $P_A = 2$ bar

B: $T_B = 200\ °C$ $P_B = 2$ bar

$h_A = 2768{,}5$ kJ/kg

$h_B = 2870{,}5$ kJ/kg

$$y = y_A + \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}(x - x_A)$$

$$h = h_A + \frac{h_B - h_A}{T_B - T_A}(T - T_A) = 2788{,}9 \text{ kJ/kg}$$

6. P = 80 bar h = 1200 kJ/kg (T)

$h_{LS}(P_{SAT} = 80\ bar) = 1317{,}2\ kJ/kg$ $\quad h < h_{LS} \Rightarrow$ LIQUIDO SOTTORAFF.

$h(P,T) = h_{LS}(P_{SAT}(T)) + v(P - P_{SAT}(T))$

trascurabile solitamente

$h(P,T) \approx h_{LS}(P_{SAT}(T))$

$v(P - P_{SAT}(T)) \approx 0{,}00134\ (80 - 55) \times \frac{100\,000}{1000}$ (bar → Pa; J/kg → kJ/kg)

$v\Delta P \approx 3{,}35\ kJ/kg$

$h_{LS}(P_{SAT}(T)) = h(P,T) - v\Delta P = 1200 - 3{,}35 = 1196{,}65\ kJ/kg$

A: $T_A = 269,94\ °C$ $\quad h_{LS,A} = 1184,9\ kJ/kg$

B: $T_B = 275,56\ °C$ $\quad h_{LS,B} = 1213,7\ kJ/kg$

$$T = T_A + \frac{T_B - T_A}{h_{LS,B} - h_{LS,A}} \left(h_{LS} - h_{LS,A} \right)$$

$$T = 269,94 + \frac{275,56 - 269,94}{1213,7 - 1184,9} \left(1196,65 - 1184,9 \right)$$

$$T = 272,23\ °C$$

2° APPROCCIO (SCONSIGLIATO)

$$h(P,T) = h_{LS}(T_{SAT}(P)) + c\,(T - T_{SAT}(P))$$

$h_{LS}(T_{SAT}(P)) \rightarrow 1317{,}2\ kJ/kg$

$T_{SAT}(P) \rightarrow 294{,}98$

$\rightarrow c = 4186\ J/kgK$

MEGLIO $\bar{c}$: calore specifico medio tra T e T_{SAT}

$$T = T_{SAT}(P) + \frac{h - h_{LS}}{c}$$

$$T = 266{,}98\ °C$$

https://webbook.nist.gov/chemistry/