ESE_1

mercoledì 27 ottobre 2021 13:14

GAS COMBUSTI → GAS PERFETTO

DATI

$MM = 28,41 \frac{Kg}{Kmol}$; $\gamma = 1,3$

$P = 1\ atm$; $T = 550\ °C$

• $c_p [J/KgK] = ?$

$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$; $c_p = c_v + R^*$ (VALIDA x GAS PERFETTI)

$$c_p = \gamma c_v \rightarrow c_p = \gamma (c_p - R^*) \rightarrow c_p = \frac{\gamma R^*}{\gamma - 1} = \frac{\gamma \frac{R}{MM}}{\gamma - 1} = 1268 \frac{J}{KgK}$$

EQ. STATO $\quad P v = R^* T \rightarrow v = \frac{R^* T}{P} = 2,377 \frac{m^3}{Kg}$

P: 1 atm = 101325 Pa

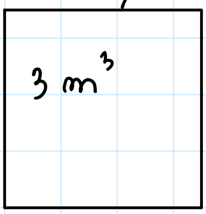
T: $(550 + 273,15)\ K$

$$\rho \left[\frac{Kg}{m^3}\right] = \frac{1}{v} = 0,421\ Kg/m^3$$

ESE_2

mercoledì 27 ottobre 2021 13:14

→ SERBATOIO RIGIDO (SISTEMA CHIUSO)



* DATI *

$T_{1,VAP} = 400°C$; $P_1 = 30\ bar$

$T_2 = T_{SAT}$ $\quad P_2 = P_{SAT}$

2 → VAPORE SATURO

$M[Kg] = ?$; $T_2 = ?$; $P_2 = ?$

① MASSA H_2O

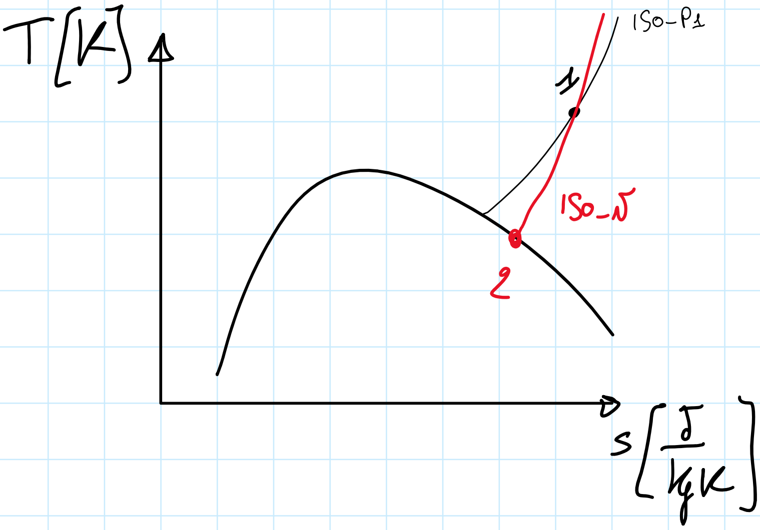
$$M[Kg] = V[m^3]\ \rho\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$$

$$\rho = \frac{1}{v} = 10\ Kg/m^3 \longrightarrow M = 30\ Kg$$

DIAGRAMMA T-s; INTERSECO ISO-T_1 CON ISO-P_1)

$\simeq 0,1\ m^3/Kg$

② ASPORTO CALORE A VOLUME COSTANTE $v_1 = v_2$



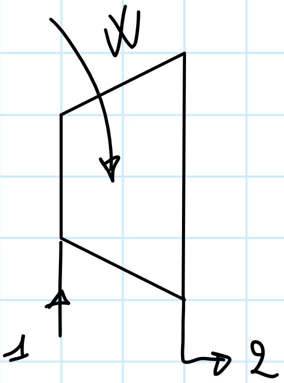
↳ interseco ISO-v con la curva di saturazione

$T_2 \simeq 212°C$; $P_2 = 2\ MPa = 20\ bar$

lettura da grafico

ESE_3

mercoledì 27 ottobre 2021 13:14



*** DATI ***

$P_2 = 0,05\ \text{bar}$ $\quad X_2 = 0,92$ $\quad \rho_2 \left[\frac{kg}{m^3}\right] = ?$

MISCELA BIFASE

UTILIZZO LE TABELLE: $P = 0,05\ \text{bar}$ (nelle tabelle in P è presente $P = 0,05\ \text{bar}$)

$$v_{VS}(P = 0,05\ \text{bar}) = 28,194 \left[m^3/kg\right]$$

$$v_{LS}(P = 0,05\ \text{bar}) = 0,0010052 \left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

*** REGOLA LEVA ***

$$v(P = 0,05\ \text{bar};\ X = 0,92) = (1 - X)\, v_{LS} + X\, v_{VS} = 25,938\ m^3/kg$$

$$\rho = \frac{1}{v} = 0,0386\ kg/m^3$$

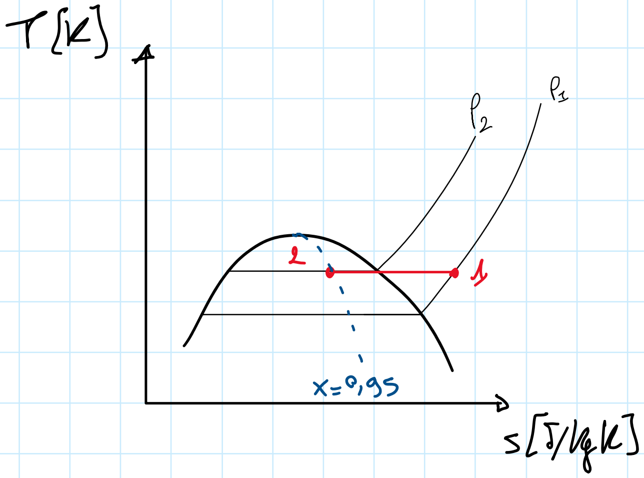
ESE_4

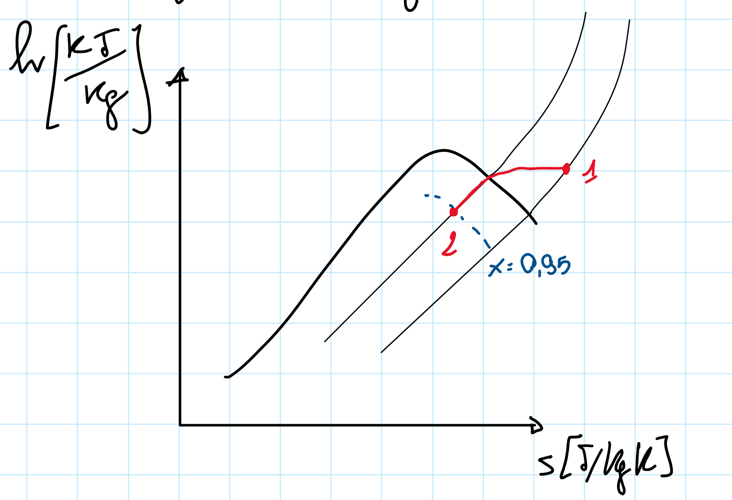
mercoledì 27 ottobre 2021 13:14

*** DATI ***

$P_1 = 0{,}05\ bar \quad T_1 = 50°C \xrightarrow{ISO-T} X_2 = 0{,}95$

$\rho_1 = ?\ \ v_1 = ?\ ;\ \rho_2 = ?\ ;\ v_2 = ?\ \ P_2 = ?$





→ v_1? (PER IL PUNTO 1 NON PASSA UNA LINEA ISO-v_1) → VALORE STIMATO $v_1 \simeq 30\ m^3/kg$

→ $\rho_1 = 0{,}033\ kg/m^3$

→ v_2? (2 → MISCELA BIFASE $x_2 = 0{,}95$)

↓

UTILIZZO DELLE TABELLE (+ ACCURATO)

↓

CONOSCO $T_{SAT} = 50°C$ (SCELGO LA TABELLA IN T)

↓

$P_2 = P_{SAT}(50°C) = 0{,}12335\ bar$ (PRESSIONE ALLA FINE DELLA COMPRESSIONE ISO-T)

↓

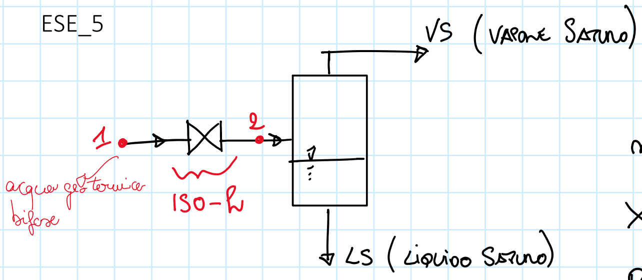
$$v_2(P_2 = P_{SAT};\ X_2 = 0{,}95) = (1-x)\,\underbrace{v_{LS}(P_2)}_{\text{liq. saturo}} + x\,\underbrace{v_{VS}(P_2)}_{\text{vap. saturo}} = 11{,}444\ \frac{m^3}{kg}$$

liq. saturo: $0{,}001021\ \frac{m^3}{kg}$

vap. saturo: $12{,}046\ \frac{m^3}{kg}$

$$\rho_2\left[\frac{kg}{m^3}\right] = 1/v = 0{,}087\ kg/m^3$$

ESE_5

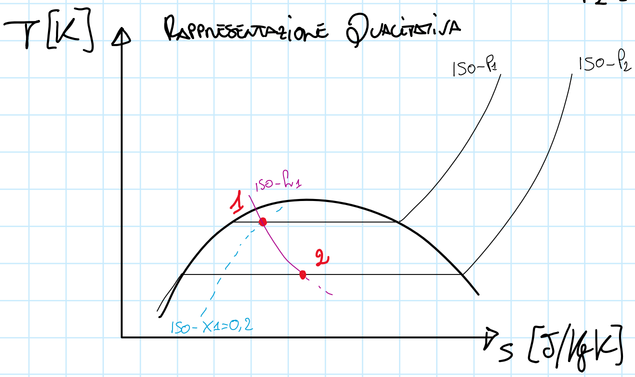


DATI

$\dot{m}_1 = 75\ kg/s$; $P_1 = 15,3$ bar

$X_1 = 0,2$ (1 → 2) iso-h

$P_2 = 6,5$ bar ($h_1; s_1; s_2; T_2; X_2$?) $\dot{m}_{VS}$?



1 → 2 iso-h $P\downarrow$ $x\uparrow$

visibile riportando i punti sul diagramma T-S x H_2O

• Gli stati 1/2 sono bifase $0 < X_1 < 1$, $0 < X_2 < 1$ (La stima delle proprietà è + accurata tramite l'uso delle tabelle in cond. di saturazione)

P_1 e P_2 non sono presenti nelle tabelle ⟹ interpolo i valori linearmente

• Per la generica proprietà A (es. $h\left[\frac{kJ}{kg}\right]$; $s\left[\frac{kJ}{kgK}\right]$; $v\left[\frac{m^3}{kg}\right]$) e $P_I < P_x < P_S$

P_I in tabella — pressione a cui vogliamo calcolare la proprietà — P_S in tabella

$$\Downarrow$$

$$\frac{P_x - P_I}{P_S - P_I} = \frac{A_x - A_I}{A_S - A_I}$$

(Procedimento analogo nel caso di T)

• **Stato 1:** $13,9873\ bar < P_x < 15,5488\ bar$

(Calcolo le proprietà con la regola della leva)

$$h_1(P = 15,3\ bar;\ X = 0,2) = (1 - x_1)\underbrace{h_{LS}(P = 15,3\ bar)}_{\text{interpol. dalle tab.}} + x_1 \underbrace{h_{VS}(P = 15,3\ bar)}_{\text{interpol. dalle tab.}}$$

P [bar]	T [°C]	h_LS [kJ/kg]	h_VS [kJ/kg]	s_LS [kJ/kg/K]	s_VS [kJ/kg/K]
13.9873	195	829.884	2787.77	2.28326	6.46541
15.3	**199.2**	**848.8**	**2790.4**	**2.323**	**6.434**
15.5488	200	852.371	2790.94	2.33066	6.42776

$$s_1(P = 15,3\ bar;\ X = 0,2) = (1 - x_1)\, s_{LS}(P = 15,3\ bar) + x_1\, s_{VS}(P = 15,3\ bar)$$

• **Stato 2:** $h_2 = h_1$ (1 → 2 ISO-h)

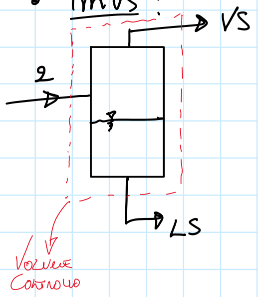
$$X_2 = \frac{h_2 - h_{LS}(P_2)}{h_{VS}(P_2) - h_{LS}(P_2)} = 0,262$$

$T_2 = 161,9°C$ (interpolazione) $6,18065\ bar < P_2 < 7,00766\ bar$

$$s_2(P_2) = (1 - x_2)\, s_{LS}(P_2) + X_2\, s_{VS}(P_2) = 3,2094\ kJ/kgK$$

⋮ Stesso procedimento per altre prop. (es. $v_2\left[\frac{m^3}{kg}\right]$)

• $\dot{m}_{VS}$?



* Bil. massa *

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_{VS} + \dot{m}_{LS} = \dot{m}_1 = 75 \, kg/s$$

$$X_2 = \frac{\dot{m}_{VS}}{\dot{m}_2} \Longrightarrow \dot{m}_{VS} = \dot{m}_2 \cdot X_2 = 19{,}65 \, kg/s$$

$$\dot{m}_{LS} = \dot{m}_2 - \dot{m}_{VS} = 55{,}35 \, kg/s$$

* DATI *

COMPRESSIONE ISOTERMA (ARIA → GAS PERFETTO)

a) $T_1 = 25°C$; $P_1 = 1$ bar; $P_2 = 5$ bar $\Delta s_{12} = ?$

b) $T_1 = 75°C$; $P_1 = 1$ bar; $P_2 = 5$ bar $\Delta s_{12} = ?$

c) COMPRESSIONE ISO-S $\Delta T_{12} = ?$

$$T ds = dh - v dP \qquad v = \frac{R^* T}{P}$$

$$T ds = c_p dT - \frac{R^* T}{P} dP$$

$$ds = c_p \frac{dT}{T} - \frac{R^*}{P} dP \longrightarrow s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R^* \ln \frac{P_2}{P_1}$$

a) $T_1 = (25 + 273,15)$ K $\quad \Delta s = -\underbrace{R^*}_{287,7 \frac{J}{kg K}} \ln \frac{P_2}{P_1} = -461,99 \frac{J}{kg K}$

b) x COMPRESSIONE ISO-T se $T_1 = 75°C$ $\Delta s = -461,99$ J/kgK (vedi relazione generale)

c) COMPRESSIONE ISO-S $P v^{\gamma} = cost$

• ARIA → GAS PERFETTO BIATOMICO $\rightarrow c_v = \frac{5}{2} R^*$; $c_p = \frac{7}{2} R^*$; $\gamma = \frac{7}{5}$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \longrightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} = \begin{cases} a) \ 472 \ [K] \\ b) \ 551 \ [K] \end{cases}$$

$\Delta T = T_2 - T_1$

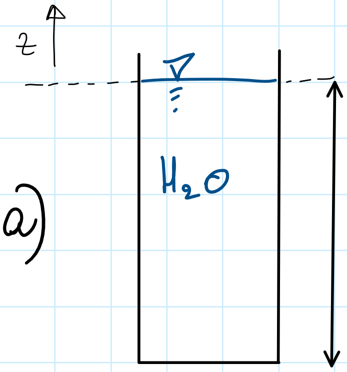
a) $174°C$

b) $203°C$

ESE_7

mercoledì 27 ottobre 2021 13:14

$T_{H_2O} = 15°C$; $P(z = 0\,m) = 1\,atm$ $\quad \rho_{H_2O} \simeq 1000\ kg/m^3$

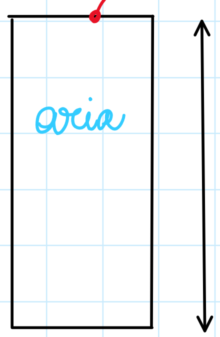


a) $h = 10\,m$ $\quad P(z = -10\,m) = P_{ATM} + \rho g h = 199425\ Pa$

(Th. Bernoulli)

($P_{RELATIVA} = P - P_{ATM}$ – definizione non letta del corso)

b) $P = P_{ATM}$



$h = 10\,m$

① Hp: $T = cost$

② Hp: $\rho = cost$

b.1 $\rightarrow dP = -\rho g\, dz \rightarrow dP = -\frac{P}{R^* T} g\, dz \rightarrow \frac{dP}{P} = -\frac{g}{R^* T} dz$

aria → Gas Perfetto

integro $\rightarrow \int_{P_{ATM}}^{P_{FONDO}} \frac{dP}{P} = -\frac{g}{R^* T} \int_{z=0}^{z=-10\,m} dz \longrightarrow \ln \frac{P_{FONDO}}{P_{ATM}} = -\frac{g}{R^* T}(z_{FONDO} - z_0)$

$\rightarrow P_{FONDO} = P_{ATM}\, e^{g/(R^* T) \cdot (z_0 - z_{FONDO})} = 101445\ Pa$

b.2 $P_{FONDO} = P_{ATM} + \rho g h = 101445\ Pa$ (~ stesso risultato ottenuto per ISO_T)

$\longrightarrow$ se $h = 1000\,m$

C.1 ISO-T $P_{FONDO} = 1140844 \ Pa$

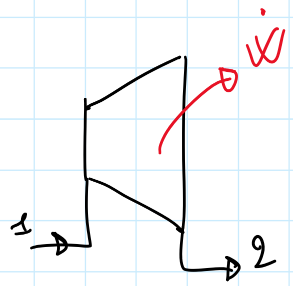
C.2 ISO-ρ $P_{FONDO} = 113342 \ Pa$

x altezze elevate la differenza tra i due calcoli è apprezzabile

ESE_8

mercoledì 27 ottobre 2021 13:14

Turbina a Vapore Adiabatica Ideale (ISO-S)



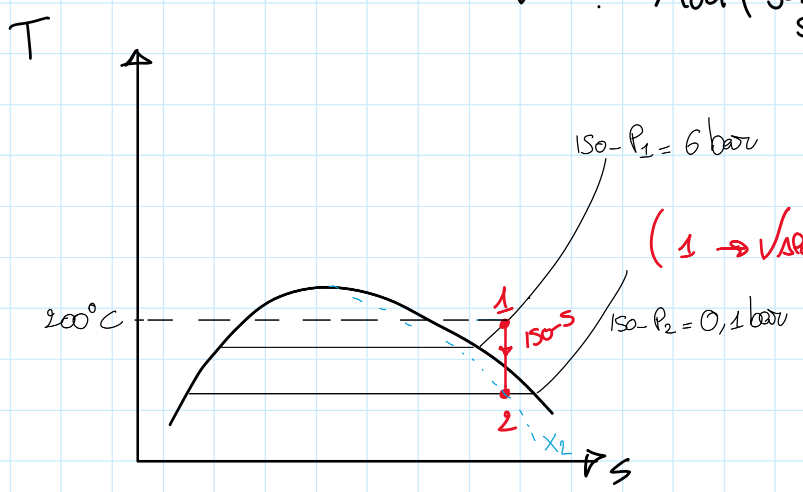
DATI

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 27\ Kg/s$ (cons. massa)

$P_1 = 6\ bar$ $T_1 = 200°C$ $P_2 = 0{,}1\ bar$

$E_{\text{cinetica allo scarico}} = \frac{V^2}{2} = 22{,}2\ \frac{KJ}{Kg}$ $E_{\text{cinetica } 1} = 0\ \frac{KJ}{Kg}$

$\dot{W} = ?$ A_{out} (sezione allo scarico) $= ?$



(1 → Vapore Surriscaldato ; $T_1 > T_{SAT}(6\ bar)$)

Bil. Energia $\boxed{+}$ ← $\dot{Q}$, ↑ $\dot{W}$

$$\cancel{\dot{Q}} + \dot{W} = \dot{m}\left[\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} + \cancel{g z_2}\right) - \left(h_1 + \cancel{\frac{V_1^2}{2}} + \cancel{g z_1}\right)\right]$$

Adiabatica

22,2 KJ/Kg

En. cinetica 1 = 0 (dato)

$g z_1 \simeq g z_2$ (en. macchina orizzontale)

⇓

$$\dot{W} = \dot{m}\,(h_2 - h_1) + \dot{m}\,\frac{V_2^2}{2}$$

da determinare

Stato 1 (Vapore Surriscaldato) → vedi T-S (intersezione ISO-T (200°C) con ISO-P (6 bar))

Stimo i valori dal diagramma $h_1 = 2850{,}6\ \frac{KJ}{Kg}$ $S_1 = 6{,}968\ \frac{KJ}{KgK}$ $v_1 = 0{,}3521\ \frac{m^3}{Kg}$

*** STATO 2** (MISCELA BIFASE) → nel T-S (INTERSEZIONE ISO-S CON ISO-P (0,1 bar))

$s_2 = s_1 = 6{,}968\ kJ/kg/K$

$$x_2 = \frac{s_2 - s_{LS}}{s_{VS} - s_{LS}} = 0{,}84$$ → s_{LS} e s_{VS} LETTI DALLA TABELLA

$$h_2(P = 0{,}1\ bar;\ x_2) = (1 - x_2)\, h_{LS}(0{,}1\ bar) + x_2\, h_{VS}(0{,}1\ bar) = 2207{,}3\ \frac{kJ}{kg}$$

$$\Downarrow$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1) + \dot{m}\frac{V_2^2}{2} = -16{,}76\ MW$$ (MACCHINA MOTRICE POTENZA ESTRATTA DAL FLUIDO)

*** SEZIONE DI PASSAGGIO ***

SEZ. PASSAGGIO ALLO SCARICO

BIL. MASSA: $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \rho_2 V_2 A_2 = \rho_1 V_1 A_1$

$$\Downarrow$$

$$A_2 = \frac{\overset{27\ kg/s}{\dot{m}}}{\rho_2 V_2} = 1{,}60\ m^2$$

$\rho_2 = \frac{1}{v_2}$ (TABELLE)

$$\frac{V_2^2}{2} = 22{,}2\ \frac{kJ}{kg} \Longrightarrow V_2 = 210{,}7\ m/s$$

$v_2 = 12{,}36\ \frac{m^3}{kg}$ (REGOLA LEVA) ; $\rho_2 = 0{,}08\ kg/m^3$