



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

# Esercitazione 07 - Cicli a vapore

*Esercizio 06* ([link registrazione](#))

**Corso di Fisica Tecnica**  
**a.a. 2019-2020**

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

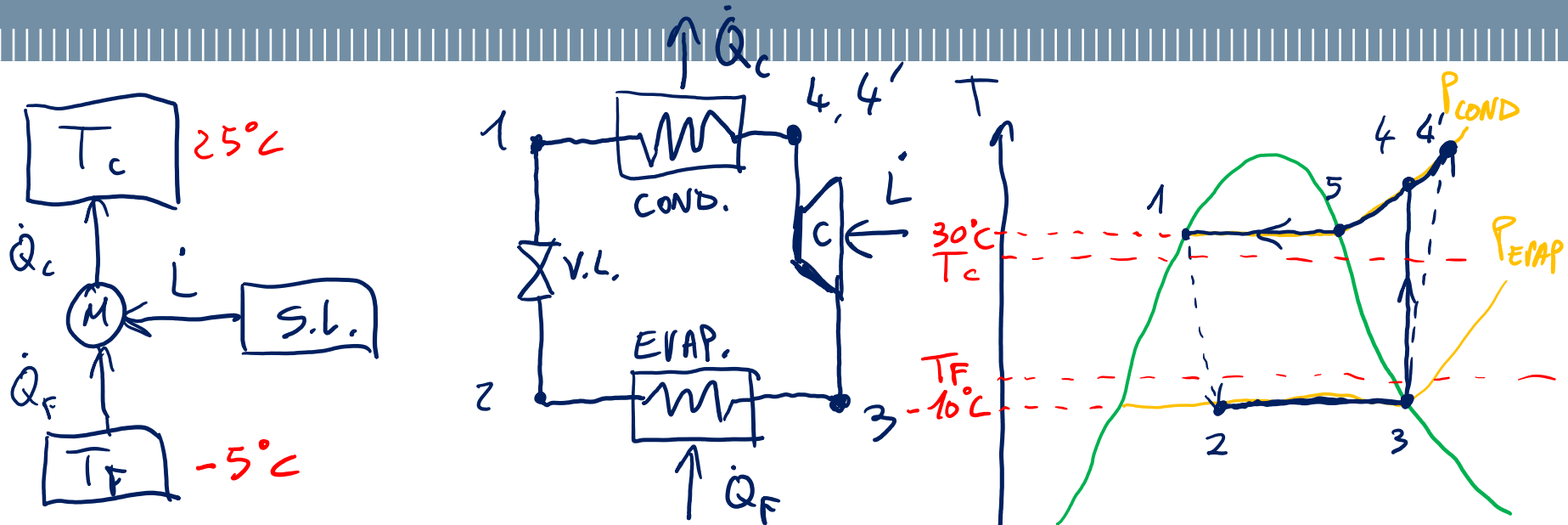
## Esercizio 06

**7.6.** *[intermedio]* Un ciclo frigorifero reale utilizza come fluido di lavoro R134a e opera tra due serbatoi alla temperatura di  $T_C = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e di  $T_F = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Per rendere possibili gli scambi termici tra i serbatoi di calore e il fluido circolante vi è una differenza di temperatura tra questi pari a  $5^{\circ}\text{C}$ . La potenza meccanica assorbita del compressore è di 10 kW. Il rendimento isoentropico del compressore è pari a 0.9. Si chiede di determinare:

- ✕ ▪ L'entalpia specifica negli stati caratteristici del ciclo frigorifero.
- ✕ ▪ La portata in massa di refrigerante nel ciclo.
- ✕ ▪ La potenza da fornire per l'evaporazione del refrigerante.
- ✕ ▪ L'efficienza della macchina frigorifera.
- ✕ ▪ L'efficienza della macchina frigorifera reversibile che opera tra le medesime temperature dei serbatoi.
- ✕ ▪ La potenza assorbita da questa macchina reversibile a pari potenza frigorifera prelevata dalla sorgente inferiore.
- ✕ ▪ L'entropia generata per irreversibilità dalla macchina reale.

$$[\dot{m}_R = 0.3236\text{ kg/s}; \dot{Q}_F^{\leftarrow} = 48.836\text{ kW}; \varepsilon_F = 4.886; \varepsilon_{F,rev} = 8.938; \\ \dot{L}_{F,rev}^{\leftarrow} = 5.467\text{ kW}; \dot{S}_{irr} = 0.0152\text{ kW/K}]$$

## Esercizio 06



1-2) LAMINAZIONE ISENTALPICA  $\dot{m}(h_1 - h_2) = 0 \rightarrow h_1 = h_2$

2-3) EVAPORAZIONE:  $\dot{Q}_F = \dot{m}(h_3 - h_2)$

3-4') COMPRESSORE REALE:  $\dot{L}_c = \dot{m}(h_{4'} - h_3)$

4'-1) CONDENSAZIONE:  $\dot{Q}_c = \dot{m}(h_{4'} - h_1)$

## Esercizio 06

STATO	P (MPa)	T (°C)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	x
1	0,7702	30	75,91	0,2745	0
2	0,2006	-10	75,91	? non necessario	? non necessario
3	0,2006	-10	226,9	0,8643	1
4	0,7702	? non necessario	? 254,7	0,8643	n.a. VAP. SURR.
4'	0,7702	? non necessario	? 257,8	? non necessario	n.a. VAP. SURR.

STATO 4: USCITA COMPRESSORE IDEALE

$$P_4 = 0,7702 \text{ MPa} \quad h_4 = ?$$

$$s_4 = 0,8643 \text{ kJ/kg K}$$

NECESSITA' DI FARE UN'INTERPOLAZIONE BILINEARE (TRIPLA)

$$P_A < P_4 < P_B \Rightarrow \text{TAB. VAP. SURR.} \quad P_A = 0,60 \text{ MPa}$$

$$P_B = 0,80 \text{ MPa}$$

$$s_{A1} < s_4 < s_{A2} \Rightarrow \text{TAB. VAP. SURR.}$$

$$s_{A2} = 0,8765 \text{ kJ/kg K}$$

$$T_{A2} = 30^\circ \text{C}$$

TAB. SAT.

$$s_{A1} = s_{vs} = 0,8484 \text{ kJ/kg K}$$

$$T_{A1} = T_{\text{SAT}} = 21,57^\circ \text{C}$$

## Esercizio 06

$$s_{B1} < s_4 < s_{B2} \Rightarrow \text{TAB. VAP. SURR.} \quad s_{B2} = 0,8746 \text{ kJ/kg K}$$

$$T_{B2} = 40^\circ\text{C}$$

TAB. SAT.

$$s_{B1} = s_{vs} = 0,8450 \text{ kJ/kg K}$$

$$T_{B1} = T_{\text{SAT}} = 31,33^\circ\text{C}$$

$$\text{STATO A: } h_A = h_{A1} + \frac{h_{A2} - h_{A1}}{s_{A2} - s_{A1}} (s_A - s_{A1}) \quad \text{dove } s_A = s_4$$

$$h_{A1} = 244,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{A2} = 253,2 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow h_A = 249,6 \text{ kJ/kg}$$

## Esercizio 06

STATO B:  $h_B = h_{B1} + \frac{h_{B2} - h_{B1}}{s_{B2} - s_{B1}} (s_B - s_{B1})$  dove  $s_B = s_4$

$$h_{B1} = 249,6 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{B2} = 258,8 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow h_B = 255,6 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = h_A + \frac{h_B - h_A}{P_B - P_A} (P_4 - P_A) = 254,7 \text{ kJ/kg}$$

STATO 4': USCITA COMPRESSORE REALE

$$\eta_c = 0,9 \quad \eta_c = \frac{h_{c,IDEALE}}{h_{c,REALE}} = \frac{h_4 - h_3}{h_{4'} - h_3} \Rightarrow h_{4'} = h_3 + \frac{h_4 - h_3}{\eta_c}$$

$$h_{4'} = 257,8 \text{ kJ/kg}$$



PORTATA:  $\dot{L}_c = \dot{m} (h_4' - h_3) \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{L}_c}{h_4' - h_3} = 0,3236 \text{ kg/s}$

EVAPORAZIONE:  $\dot{Q}_F = \dot{m} (h_3 - h_2) \Rightarrow \dot{Q}_F = 48,86 \text{ kW}$

EFFICIENZA:  $\varepsilon_F = \frac{\dot{Q}_F}{\dot{L}_c} = 4,886$

EFFICIENZA REV:  $\varepsilon_{F,REV} = \frac{T_F}{T_c - T_F} = \frac{268,15}{298,15 - 268,15} = 8,938$

POTENZA REV:  $\dot{L}_{rev} = \frac{\dot{Q}_F}{\varepsilon_{F,REV}} = 5,467 \text{ kW}$



$$\underline{\dot{S}_{IRR}}: \quad \dot{S}_{IRR} = +\frac{\dot{Q}_C}{T_C} - \frac{\dot{Q}_F}{T_F} \quad + \dot{Q}_C - \dot{Q}_F - \dot{I} = 0$$
$$\hookrightarrow \dot{Q}_C = \dot{Q}_F + \dot{I} = 58,86 \text{ kW}$$

$$\dot{S}_{IRR} = \frac{58,86}{298,15} - \frac{48,86}{268,15} = 0,0152 \text{ kW/K}$$