

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 5 febbraio 2019, aule 5.1.1, ore 11.30  
 E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)  
 Non sono consentiti: libri, esercizi svolti.

Specificare sempre: Tutte le ipotesi, convenzioni, semplificazioni adottate.

Tracciare sempre i grafici o schemi utili alla comprensione.

I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

Esame parte comune (sia completo, sia 2° parte). Istruzioni sull'altro foglio

Foglio	Parte 2 /TD+M)					2+						
Es	4	5	6	7	8	Ordine	Totl	Partl	Scritti	Orale	Verbale	
Punti	4	7	9	7	4	1	32					
Voto	4	7	9	7	4	1	32	31	31,5			

4) Un condizionatore asporta la potenza termica di 3 kW per mantenere un locale a  $T_{\text{Locale}} 23^{\circ}\text{C}$ , quando fuori ci sono  $T_{\text{Est}} 31^{\circ}\text{C}$ . L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di  $14^{\circ}\text{C}$  per scambiare calore, il condensatore di  $24^{\circ}\text{C}$ . L'efficienza è il 60% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Determinare i flussi energetici. Disegnare gli schemi necessari per spiegarne il funzionamento.

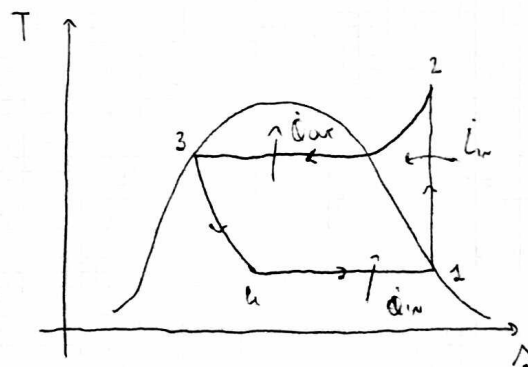
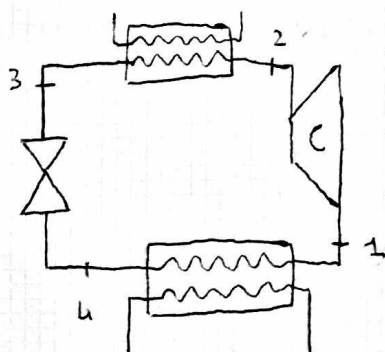
$$T_F = T_{\text{Locale}} - T_{\text{Ev}} = 23 - 14 = 9^{\circ}\text{C} = 282\text{ K}$$

$$T_C = T_{\text{Est}} + T_{\text{Cond}} = 31 + 24 = 55^{\circ}\text{C} = 328\text{ K}$$

$$\text{COP}_D = \frac{T_F}{T_C - T_F} = 6,13 \quad \text{COP}_e = 0,60 \cdot \text{COP}_D = 3,68$$

$$\text{COP}_e = \frac{\dot{Q}_{\text{in}}}{\dot{L}_{\text{in}}} \quad \dot{L}_{\text{in}} = \frac{\dot{Q}_{\text{in}}}{\text{COP}_e} = \frac{3000}{3,68} = 815,22\text{ W} \quad \dot{Q}_{\text{in}} = 3\text{ kW}$$

$$\dot{L}_{\text{in}} + \dot{Q}_{\text{in}} = \dot{Q}_{\text{out}} = 3000 + 815,22 = 3815,22\text{ W}$$



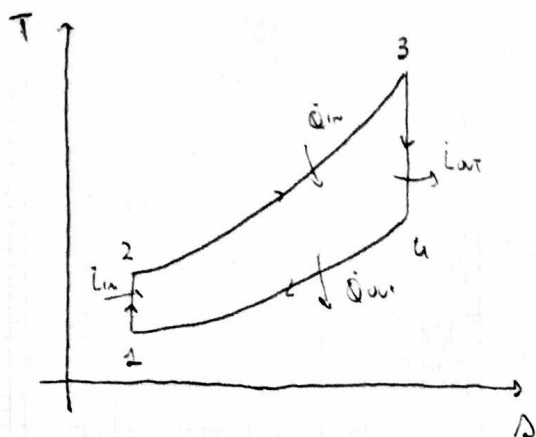
1-2 COMPRESSIONE ISENTROPICA, IL FLUIDO VENE COMPRESSO

2-3 SCAMBIO DI CALORE: CONDENSATORE, IL FLUIDO Cede CALORE ALL'AMBIENTE

3-4 VALVOLA DI LAMINAZIONE (ISENTROPICA) ESPANSIONE ISENTROPICA DEL FLUIDO

4-1 SCAMBIO DI CALORE: EVAPORATORE IL FLUIDO ASSORBE CALORE DALLA STANZA

5) Un motore opera secondo il ciclo Otto utilizzando come fluido di lavoro aria inizialmente a  $T=70^\circ\text{C}$ ,  $P=-0.7$  bar relativi. Dati il rapporto di compressione volumetrico 10, la quantità di calore ricevuta dal fluido pari a  $1400 \text{ kJ/kg}$ , calcolare i rendimenti del ciclo di 1° e 2° principio. Disegnare il grafico delle trasformazioni calcolando i valori necessari. Nell'ipotesi che il ciclo scambi energia alle temperature estreme del ciclo con due sorgenti isoterme, calcolare la produzione di entropia.



	T	P	v
1	343	0,3	3,27
2	861	7,55	0,327
3	2814	26,67	0,327
4	1120	0,98	3,27

CONSIDERO L'ARIA UN GAS PERFETTO BIPARTICO

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = 3,27 \text{ m}^3/\text{kg}$$

1 - 2 : COMPRESSIONE ISOBARICA

$$T_1 v_1^{\frac{2}{5}} = T_2 v_2^{\frac{2}{5}} \quad T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{\frac{2}{5}} = 861 \text{ K}$$

$$P_2 = \frac{RT_2}{v_2} = 7,55 \text{ BAR}$$

2 - 3 : ISOCORA

$$\frac{T_2}{P_2} = \frac{T_3}{P_3} \rightarrow q_{32} = 1400 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{32} = c_v \Delta T = \frac{5}{2} 286,7 (T_3 - 861) = 1400000 \quad T_3 = 2814 \text{ K}$$

$$P_3 = \frac{RT_3}{v_3} = 26,67 \text{ BAR}$$

3 - 4 : ESPANSIONE ISOBARICA

$$T_3 v_3^{\frac{2}{5}} = T_4 v_4^{\frac{2}{5}} \quad T_4 = T_3 \left( \frac{v_3}{v_4} \right)^{\frac{2}{5}} = 1120 \text{ K}$$

$$P_4 = \frac{RT_4}{v_4} = 0,98 \text{ BAR}$$

$$\eta_I = \frac{T_3 - T_4 - T_2 + T_1}{T_3 - T_2} = \frac{1176}{1953} = 60,22 \%$$

$$\eta_C = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 87,81 \%$$

$$\eta_{II} = \frac{\eta_I}{\eta_C} = 68,58 \%$$

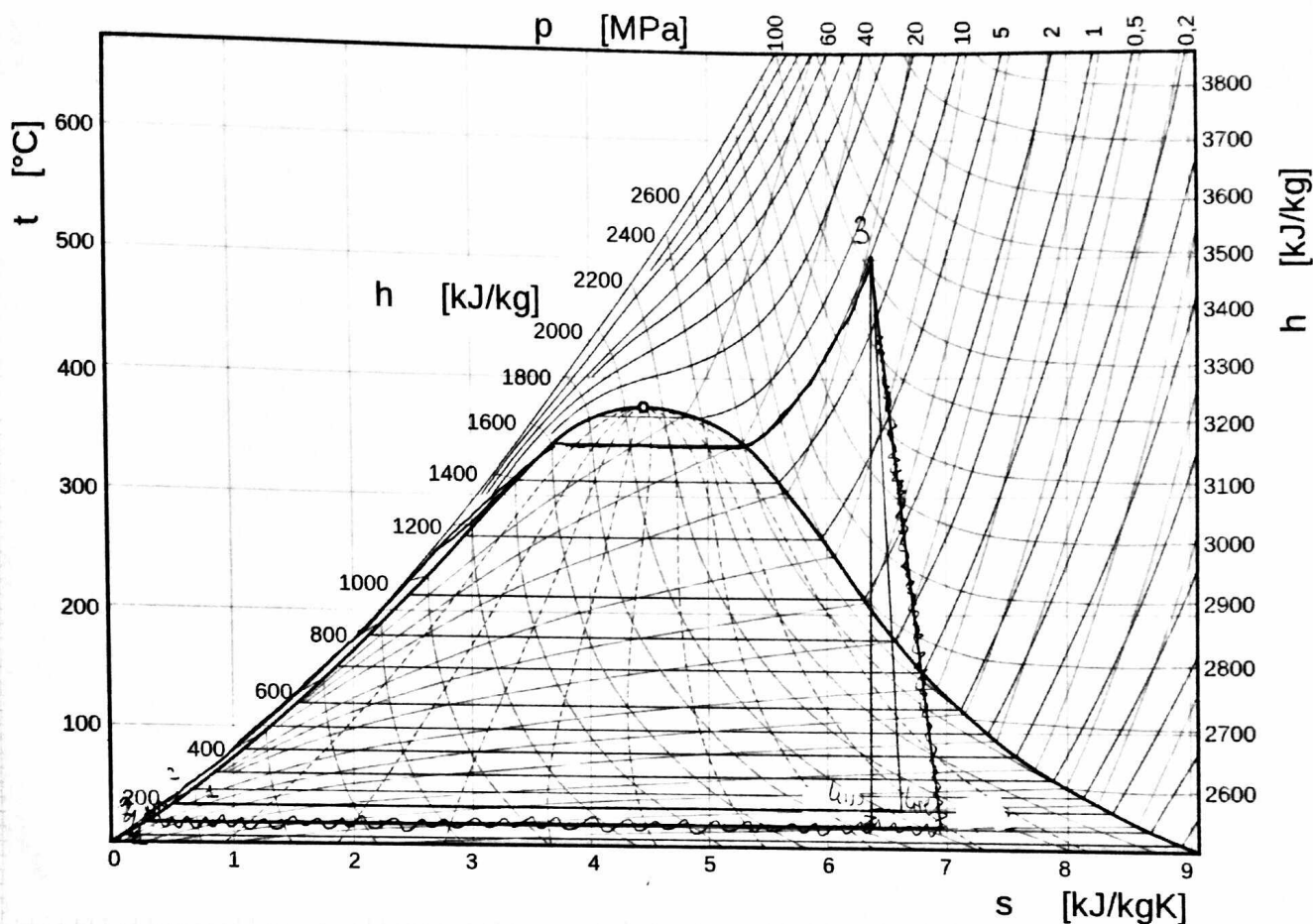
$$\Delta s_{32} = \frac{-q_{in}}{T_3} = \frac{-1400000}{2814} = -498 \text{ J/kg}$$

$$\Delta s_{41} = \frac{q_{out}}{T_1} = \frac{c_v \Delta T}{343} = \frac{556895}{343} = 1624 \text{ J/kg}$$

$$\Delta s_{tot} = \Delta s_{32} + \Delta s_{41} = 4,25 \text{ kJ/kg}$$

6) Sono date le  $T_{\min} = 40^\circ\text{C}$  e  $T_{\max} = 500^\circ\text{C}$  e la pressione massima 150 bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa e turbina **isoentropiche**. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s allegato. Calcolare i valori delle grandezze nei punti necessari ed i rendimenti del ciclo secondo i due principi della termodinamica.

Extra: Disegnare il ciclo e calcolarne il rendimento se la turbina ha rendimento 85%.



	T	p	h	s	x
1	313	0,07384	167,57	0,5725	0
2 <sub>iso</sub>	~313	150	182,68	-	<0
2 <sub>re</sub>	~313	150	-	-	<0
3	773	150	3307,5	6,363	71
4 <sub>iso</sub>	313	0,07384	1974,8	6,363	0,7509
4 <sub>re</sub>	313	0,07384	2174	6,979	0,8336

$$h_{4re} = \eta_T (h_{4iso} - h_3) + h_3 = 2174 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2iso} = h_1 + v_1 \Delta p =$$

$$= h_1 + 1,0078 \cdot 10^{-3} \cdot (150 - 0,07384) \cdot 10^5$$

$$= h_1 + 15,1 = 182,68 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{T,iso} = \frac{h_3 - h_{4iso} - h_2 + h_1}{h_3 - h_2} = \frac{1317,59}{3124,82} =$$

$$= 42,16 \%$$

$$\eta_C = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 59,5 \%$$

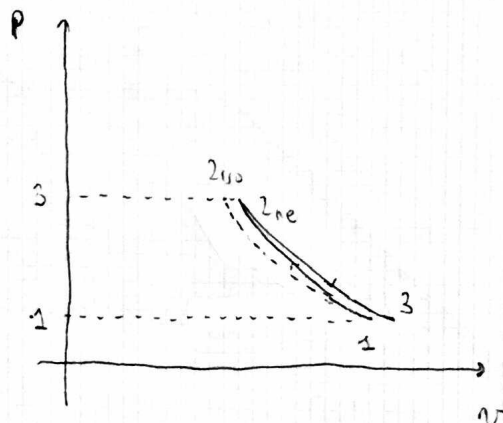
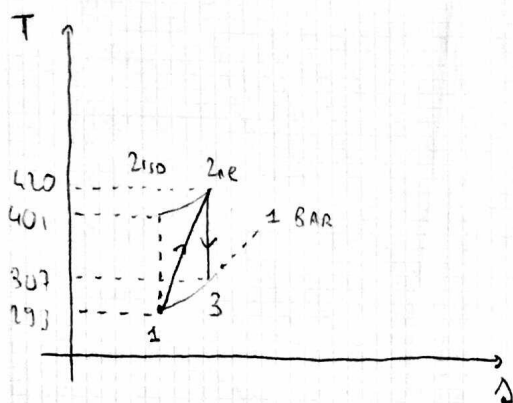
$$\eta_{II,iso} = \frac{\eta_{T,iso}}{\eta_C} = 70,86 \%$$

$$\eta_{II,re} = \frac{h_3 - h_{4re} - h_2 + h_1}{h_3 - h_2} = \frac{1118,39}{3124,82} = 35,79 \%$$

$$\eta_{II,re} = \frac{\eta_{II,iso}}{\eta_C} = 60,15 \%$$

7) Un compressore centrifugo aspira aria atmosferica e la comprime fino a 2 bar relativi, con rendimento 0.85%. L'aria viene poi inviata ad un ugello ideale avente diametro finale 10mm, che la rilascia in atmosfera. Calcolare la potenza necessaria per azionare il compressore. Disegnare il grafico delle trasformazioni nei piani p-v e T-s.

	T	P	v	W
1	293	1	0,84	-
2 <sub>iso</sub>	401	3	0,38	-
2 <sub>re</sub>	420	3	0,4	-
3	307	1	0,88	476



$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = 0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$$

1-2<sub>iso</sub> COMPRESIONE ISENTROPICA

$$T_{2re} = \frac{T_{2iso} - T_1}{\eta} + T_1 = 420 \text{ K}$$

$$T_1 P_1^{-\frac{2}{\gamma}} = T_{2iso} P_2^{-\frac{2}{\gamma}} \quad T_{2iso} = 401 \text{ K}$$

L'UGELLO NASCITA L'ARIA TRAPIRE UNA TRASFORMAZIONE ISENTROPICA FINO A PRESSIONE AMBIENTE, PER CUI

$$T_{2re} P_2^{-\frac{2}{\gamma}} = T_3 P_3^{-\frac{2}{\gamma}} \quad T_3 = 307 \text{ K}$$

UGELLO  $\rightarrow \Delta h = -\Delta E_c$  ANNA CONVIENE CONE CUI IDEALE QUINDI  $\Delta h = c_p \Delta T$

$$c_p(420 - 307) = \frac{1}{2} W^2 \quad W = \sqrt{2 c_p(420 - 307)} = 476 \text{ m/s}$$

$$\dot{m} = \rho A W = \frac{1}{v_3} A W = 0,062 \text{ kg/s}$$

$$h_c = h_{2re} - h_1 = c_p(T_{2re} - T_1) = 127,433 \text{ kJ/kg}$$

$$W_c = h_c \cdot \dot{m} = 5,35 \text{ kW}$$

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 5 febbraio 2019, aule 5.1.1, ore 11.30  
 E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)  
 Non sono consentiti: libri, esercizi svolti.

Specificare sempre: Tutte le **ipotesi**, **convenzioni**, **semplificazioni** adottate.

Tracciare sempre i **grafici** o **schemi** utili alla comprensione.

I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

**Seconda prova in itinere foglio 2 di 2**, tempo a disposizione 2h ore (sono dati i punteggi indicativi)

Foglio	Parte comune				2a						
Es	4	5	6	7	8	Ordine	Tot1	Parte1	Scritti	Orale	Verbale
Punti	4	7	9	7	4	1	32				
Voto											

8) Determinare la potenza elettrica assorbita per pompare una portata di acqua di 40 litri/minuto dalla cantina all'ottavo piano tramite tubi aventi diametro 2 cm, con la presenza di una decina di giunti a gomito, rendimento della pompa 75%, rendimento elettrico del motore 90%.

$$\dot{m} = 0,66 \text{ kg/s} \quad \text{STIMO CHE OGNI PIANO HA CIRCA METO 3 m}$$

$$h_{10} = g \Delta z + \frac{1}{2} w^2 \left( \frac{L}{D} \lambda + 10 K \right) = 9,27 + \frac{1}{2} 2,1^2 \left( \frac{27}{0,02} 0,028 + 10 \cdot 0,8 \right) = 366 \text{ J/kg}$$

$$w = \frac{\dot{m}}{\rho A} = 2,1 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho w D}{\mu} = 42000$$

STIMANDO UNA SUELTITA RELATIVA DI 0,006  
 OTTENGO  $\lambda = 0,028$

$$\mu = 0,001$$

IPOTIZIO IL  $\beta$  DEI GOMITI 0,8

$$h_{10} = \eta_p h_{ne} \quad h_{ne} = \frac{h_{10}}{\eta_p} = 488 \text{ J/kg}$$

$$W_p = h_{ne} \cdot \dot{m} = 322 \text{ W} \rightarrow W_{ne} = \frac{W_p}{\eta_{EL}} = 358 \text{ W}$$