

(foglio bianco)

Cognome \_\_\_\_\_ Nome \_\_\_\_\_ Matr \_\_\_\_\_  
(STAMPATELLO)

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 24 gennaio 2020, **aula 2.1.4, 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.

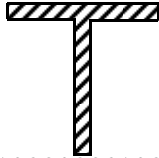
Specificare sempre: Tutte le **ipotesi, convenzioni, semplificazioni** adottate (25% del punteggio).  
Tracciare sempre i **grafici** o **schemi** utili alla comprensione (25% del punteggio).  
I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

Esame **completo** foglio **1 di 2**, tempo a disposizione 2h30 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

	Tr. calore			TermoD+Macc					Norm.					Date orale
Es	1	2	3	4	5	6	NO	$\Sigma$	Tot/3*2	Ord+For	Scritto	Orale	Verbale	preferenze
Punti	6	6	9	6	9	9	NO	45	30	1+1	32			<i>max fine feb</i>
Voto							NO							

1) Una lastra spessa 5 cm è costituita da un materiale avente  $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_p = 1000 \text{ J/kg.K}$ ,  $\lambda = 1 \text{ W/m.K}$  e al cui interno si sviluppa energia termica. La lastra è racchiusa tra due pareti di plastica, spesse 1 cm ed esposte all'aria, le cui temperature superficiali (lato aria e lato lastra) a regime sono rispettivamente 15°C e 25°C superiori a quella dell'aria. Disegnare il profilo della temperatura calcolando i valori non noti del problema.

2) Una barra di alluminio con sezione a T è portata ad una estremità alla temperatura di 90°C. Determinare quanto debba essere lunga per poter essere considerata di lunghezza infinita, la potenza termica dissipata in tale caso, la sua efficacia. Dati sezione: altezza tot 40mm, larghezza tot 40mm, spessore profili 4 mm; coefficiente convettivo 10 W/m<sup>2</sup>/°C.



3) Una barra di acciaio avente D = 2 cm esce da un trattamento metallurgico alla temperatura di 500°C, e viene raffreddata con aria ambiente avente velocità di 15m/s. Determinare per quanto tempo è pericoloso maneggiarla.

Intervallo Re	Nu <sub>cilindro</sub> =
0.4÷4	0.989 Re <sup>0.330</sup> Pr <sup>1/3</sup>
4÷40	0.911 Re <sup>0.385</sup> Pr <sup>1/3</sup>
40÷4'000	0.683 Re <sup>0.466</sup> Pr <sup>1/3</sup>
4'000÷40'000	0.193 Re <sup>0.618</sup> Pr <sup>1/3</sup>
40'000÷400'000	0.027 Re <sup>0.805</sup> Pr <sup>1/3</sup>

**Esercizio 1** lastra g', con cassero

A	m2	1	massa	kg	50	deltaT_ari: °C=K	15	
facce 1o2		2	lambda_plastica		0.19	h	W/m2K	12.7
spessore	m	0.05	spessore plastica		0.01			
semi-spessore		0.025	delta_T_plastica		10	Profilo T	*C	K
ro		2000	Q' / faccia	W	190	Tambiente	20	293
lambda		1	q'	W/m3	7600	Tsup est	35	308
Cp		1000	q'	W/kg	3.8	Tinterfacci	45	318
volume	m3	0.025	delta_T parabolico		2.375	Tmax	47.375	320
x								

**Esercizio 2** Aletta,

h	10.00	Area	0.000304	m	5.13	Tbase	90
Lato	0.040	perim	0.16	1/m	0.195	Tambiente	20
Spessore	0.004			L_inf	0.97	Q'_base	0.213
lambda_al	200			efficacia	103	Q' aletta	21.8

**Esercizio 3** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

Diam. cm	2	Tfilm	140	w m/s	15	lambda acc	60	inox=16
T_iniz	500	ro_aria	0.8	<b>L_Re=D</b>	0.020	ro acc	7850	
Tfinale	40	Cp	1007	Re	9796	Cp acc	434	
Tamb	10	lambda	0.036	Nu	50.2	L_biot	0.005	=D/4
aggiornato con dati della 1a parte		mu	2.45E-05	h	90.35	Biot	0.00753	
		Pr	0.701			tau s,min	189	3.1 min
						t_finale s,n	527	8.7 min

**7) Solo per chi sostiene la 2° prova in itinere (Esame completo? Questo esercizio NO)**

In un impianto di ventilazione si vuole mandare aria alla velocità di 6 m/s in una condotta avente diametro cm 30, lunga 20 metri, con 4 curve a gomito lungo il percorso. Calcolare la pressione che il ventilatore deve fornire, e la potenza considerando che abbia rendimento 70%.

Cognome \_\_\_\_\_ Nome \_\_\_\_\_ Matr \_\_\_\_\_  
(STAMPATELLO)

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. 24 gennaio 2020, aule **214 503 511**, 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 (25% del punteggio).

Tracciare sempre i grafici o schemi utili alla comprensione (25% del punteggio).

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

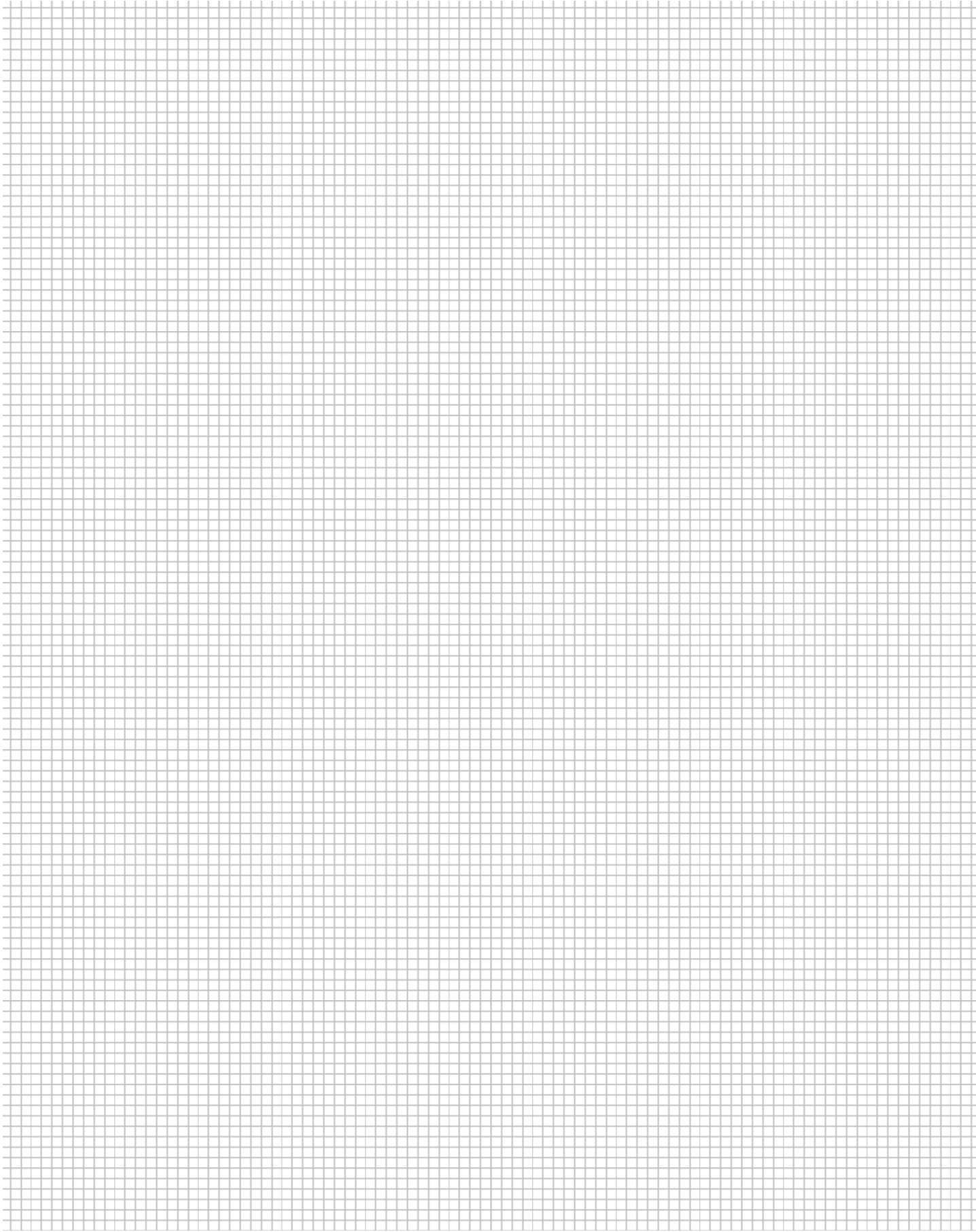
**2° Prova, foglio Unico, tempo a disposizione 1h40 (sono indicati i punteggi indicativi)**

[illegible]

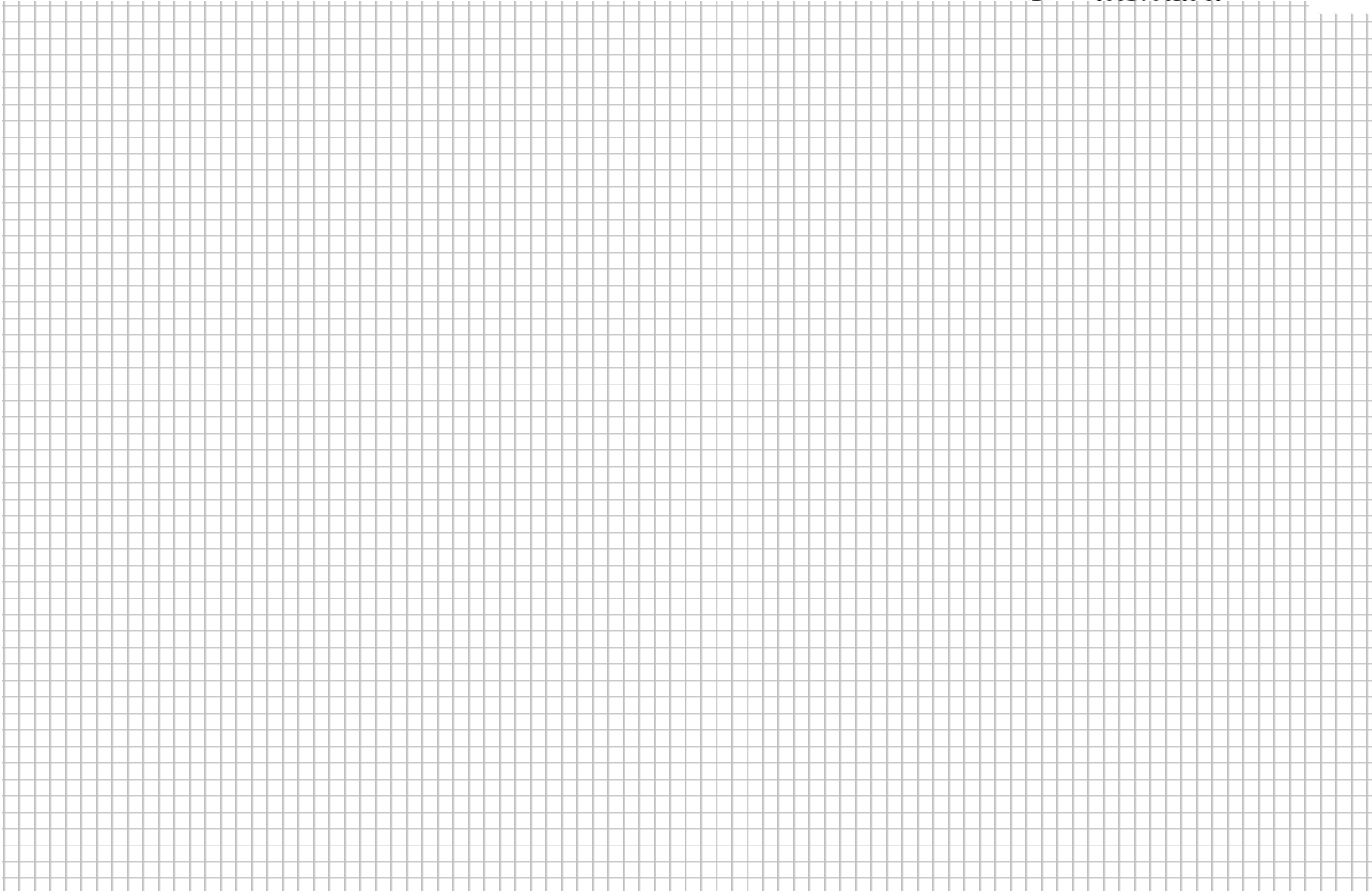
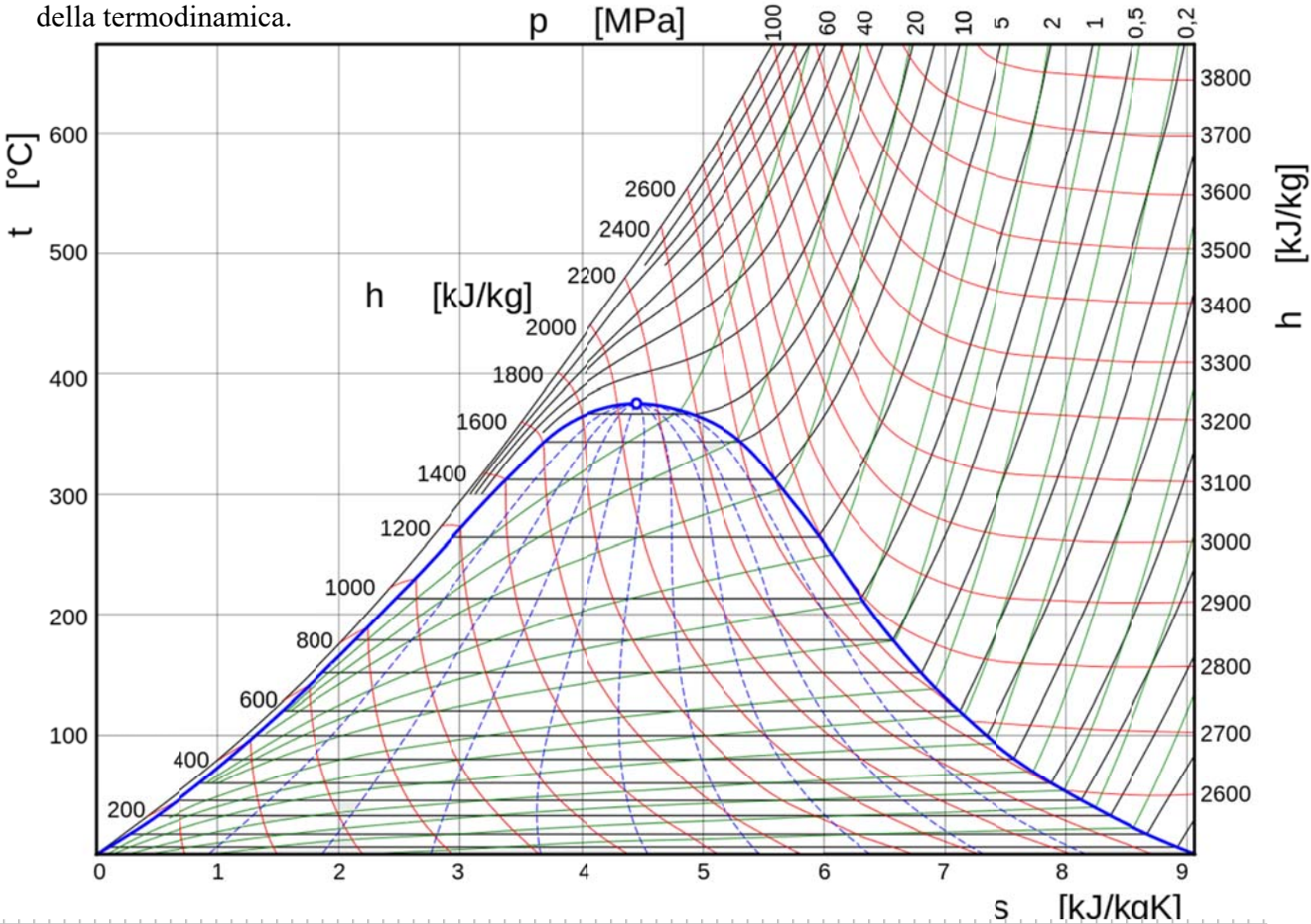
Per esame **completo** questo è il 2° foglio, istruzioni sul 1° foglio.

4) Una turbina a gas lavora secondo il ciclo Joule-Brayton approssimabile come chiuso, in cui evolve aria inizialmente a condizioni atmosferiche. Noti il rapporto di compressione 11, i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a 81%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo  $1200^{\circ}\text{C}$ , determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare i grafici rappresentanti il ciclo nei piani p-v e T-s.

5) In un sistema cilindro-pistone, aria a condizioni ambiente viene prima compressa isoentropicamente fino a ridurne il volume al 25%, quindi scaldata a volume costante introducendo calore per 300 kJ/kg, quindi viene rilasciata verso l'ambiente tramite un ugello in cui avviene una trasformazione ideale reversibile. Tracciare gli opportuni schemi e/o grafici. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate



6) Sono date le  $T_{\min} = 40^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\max} = 400^{\circ}\text{C}$  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.



Esercizio 4		ciclo bryton	K	°C		
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	49.6%
P1=4 ass	1	T2id [K]	595	322	l'	228.2
P2=3 ass	11	deltaT12id	295.2		q'	811.8
etaC	81%	deltaT12re	364		eta1	28.1%
etaT	81%	T2re	664	391	etaC	79.6%
Tmax °C	1200	T3	1473	1200	eta2	35.3%
		T4id	742	469		
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	730.6			
Cp	1003.4	deltaT34re	592			
x		T4re	881	608		

Esercizio 5		Q, L, w^2				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume sp	1	25%	0.25	
Cp	1003.41	P bar	1	6.964	12.49	1.00
Cv	716.72	T °C	30	255	673	187
m=1?		T K	303	528	946	460
<b>m [kg]</b>	<b>1.1512</b>	w [m/s]	0	0	0	988
v	0.86867	deltaU J		185275	345356	
V	1	deltaH J				-561670
q_in	300	Lin [J]		-185275	0	0
x		Qin [J]		0.0	345356	0

P3 corretto di nuovo  
(link a celle errate)

Esercizio 6		Rankine					
			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	40	1=LiqSat	40	7.384	0	167.6	0.5725
Pmax bar	150	2	40	15000	nd (<0)	<b>182.6</b>	"
Tmax °C	400	2re				182.6	
etaPpomp	1	5	400	15000	nd (>1)	2974.75	5.88115
etaTurb	1	6	40	7.384	<b>0.691</b>	<b>1830.2</b>	5.88115
		6re			<b>0.691</b>	1830.2	
		VapSat	40	7.384	1	2574.3	8.257

	ideale	reale
Qin	2792.16	2792.16
L_nu	1129.53	1129.53
<b>eta1</b>	<b>40.5%</b>	<b>40.5%</b>
etaC	53.5%	53.5%
<b>eta2</b>	<b>75.6%</b>	<b>75.6%</b>

x

Esercizio 7		deltaP linea - ventilatore					
Diam cm	30	rho	1.2	deltaP Pa	deltaP Bar	metri c.a.	J/kg
Diam m	0.300	m' kg/s	0.50868	N (1=sboc)	5		
L metri	20	mi	1.85E-05	concentrat	108	0.0	0.01
A m2	0.07065	Re	117009.8	attrito	58	0.0	0.01
w m/s	6	f attrito	0.04	totale	166	0.0	0.02
V' m3/s	0.4239	ro w2/2	22	eta_vent	60%	L' watt	<b>117</b>
x							

Esercizio 4		ciclo bryton	K	°C		
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	50.8%
P1=4 ass	1	T2id [K]	610	337	l'	257.6
P2=3 ass	12	deltaT12id	310.2		q'	848.1
etaC	82%	deltaT12re	378		eta1	30.4%
etaT	82%	T2re	678	405	etaC	80.3%
Tmax °C	1250	T3	1523	1250	eta2	37.8%
		T4id	749	476		
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	774.2			
Cp	1003.4	deltaT34re	635			
x		T4re	888	615		

Esercizio 5		Q, L, w^2				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume sp	1	22%	0.22	
Cp	1003.41	P bar	1	8.329	16.70	1.00
Cv	716.72	T °C	30	282	840	225
m=1?		T K	303	555	1113	498
<b>m [kg]</b>	<b>1.1512</b>	w [m/s]	0	0	0	1111
v	0.86867	deltaU J		208111	460474	
V	1	deltaH J				-710727
q_in	400	Lin [J]		-208111	0	0
x		Qin [J]		0.0	460474	0

P3 corretto di nuovo  
(link a celle errate)

Esercizio 6		Rankine					
			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	40	1=LiqSat	40	7.384	0	167.6	0.5725
Pmax bar	160	2	40	16000	nd (<0)	<b>183.6</b>	"
Tmax °C	450	2re				183.6	
etaPpomp	1	5	450	16000	nd (>1)	3136.375	6.08755
etaTurb	1	6	40	7.384	<b>0.718</b>	<b>1894.8</b>	6.08755
		6re			<b>0.718</b>	1894.8	
		VapSat	40	7.384	1	2574.3	8.257

	ideale	reale
Qin	2952.78	2952.78
L_nu	1225.51	1225.51
<b>eta1</b>	<b>41.5%</b>	<b>41.5%</b>
etaC	56.7%	56.7%
<b>eta2</b>	<b>73.2%</b>	<b>73.2%</b>

x

Esercizio 7		deltaP linea - ventilatore					
diametro c	32	rho	1.2	deltaP Pa	deltaP Bar	metri c.a.	J/kg
Diametro	0.320	m' kg/s	0.675226	N (1=sboc)	5		
L metri	22	mi	1.85E-05	concentrat	147	0.0	0.02
A m2	0.080384	Re	145612.1	attrito	81	0.0	0.01
w m/s	7	f attrito	0.04	totale	228	0.0	0.02
V' m3/s	0.562688	ro w2/2	29	eta_vent	60%	L' watt	<b>214</b>
x							

Esercizio 4		ciclo bryton	K	°C		
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	51.9%
P1=4 ass	1	T2id [K]	624	351	l'	288.6
P2=3 ass	13	deltaT12id	324.3		q'	885.8
etaC	83%	deltaT12re	391		eta1	32.6%
etaT	83%	T2re	691	418	etaC	80.9%
Tmax °C	1300	T3	1573	1300	eta2	40.3%
		T4id	756	483		
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	817.1			
Cp	1003.4	deltaT34re	678			
x		T4re	895	622		

Esercizio 5		Q, L, w^2				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume sp	1	20%	0.20	
Cp	1003.41	P bar	1	9.518	21.03	1.00
Cv	716.72	T °C	30	304	1001	261
m=1?		T K	303	577	1274	534
<b>m [kg]</b>	<b>1.1512</b>	w [m/s]	0	0	0	1219
v	0.86867	deltaU J		225913	575593	
V	1	deltaH J				-855535
q_in	500	Lin [J]		-225913	0	0
x		Qin [J]		0.0	575593	0

P3 corretto di nuovo  
(link a celle errate)

Esercizio 6		Rankine					
Tmin °C	45	1=LiqSat	T °C	P kPa	x	h	s
Pmax bar	170	2	45	9.593	0	188.5	0.6387
Tmax °C	500	2re	45	17000	nd (<0)	<b>205.5</b>	"
etaPpomp	1	5	500	17000	nd (>1)	205.5	
etaTurb	1	6	45	9.593	<b>0.746</b>	3292.225	6.2568
		6re			<b>0.746</b>	1976.1	6.2568
		VapSat	45	9.593	1	2583.2	8.1648

	ideale	reale
Qin	3086.75	3086.75
L_nu	1299.11	1299.11
<b>eta1</b>	<b>42.1%</b>	<b>42.1%</b>
etaC	58.9%	58.9%
<b>eta2</b>	<b>71.5%</b>	<b>71.5%</b>

x

Esercizio 7		deltaP linea - ventilatore					
diametro c	34	rho	1.2	deltaP Pa	deltaP Bar	metri c.a.	J/kg
Diametro	0.340	m' kg/s	0.871162	N (1=sboc)	5		
L metri	24	mi	1.85E-05	concentrat	192	0.0	0.02
A m2	0.090746	Re	176814.7	attrito	108	0.0	0.01
w m/s	8	f attrito	0.04	totale	300	0.0	0.03
V' m3/s	0.725968	ro w2/2	38	eta_vent	60%	L' watt	<b>363</b>
x							



Esercizio 4		ciclo bryton	K	°C		
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	53.0%
P1=4 ass	1	T2id [K]	638	365	I'	321.2
P2=3 ass	14	deltaT12id	337.7		q'	924.7
etaC	84%	deltaT12re	402		eta1	34.7%
etaT	84%	T2re	702	429	etaC	81.5%
Tmax °C	1350	T3	1623	1350	eta2	42.6%
		T4id	764	491		
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	859.4			
Cp	1003.4	deltaT34re	722			
x		T4re	901	628		

Esercizio 5		Q, L, w^2				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume sp	1	18%	0.18	
Cp	1003.41	P bar	1	11.031	26.38	1.00
Cv	716.72	T °C	30	329	1166	292
m=1?		T K	303	602	1439	565
m [kg]	1.1512	w [m/s]	0	0	0	1324
v	0.86867	deltaU J		246399	690711	
V	1	deltaH J			-1009516	
q_in	600	Lin [J]		-246399	0	0
x		Qin [J]		0.0	690711	0

P3 corretto di nuovo  
(link a celle errate)

Esercizio 6		Rankine					
Tmin °C	45	1=LiqSat	T °C	P kPa	x	h	s
Pmax bar	180	2	45	9.593	0	188.5	0.6387
Tmax °C	550	2re	45	18000	nd (<0)	206.5	"
etaPpomp	1	5	550	18000	nd (>1)	3427.8	6.4034
etaTurb	1	6	45	9.593	0.766	2022.7	6.4034
		6re			0.766	2022.7	
		VapSat	45	9.593	1	2583.2	8.1648

	ideale	reale
Qin	3221.32	3221.32
L_nu	1387.04	1387.04
eta1	43.1%	43.1%
etaC	61.4%	61.4%
eta2	70.2%	70.2%

x

Esercizio 7		deltaP linea - ventilatore					
diametro c	36	rho	1.2	deltaP Pa	deltaP Bar	metri c.a.	J/kg
Diametro	0.360	m' kg/s	1.098749	N (1=sboc)	5		
L metri	26	mi	1.85E-05	concentrat	243	0.0	0.02
A m2	0.101736	Re	210617.6	attrito	140	0.0	0.01
w m/s	9	f attrito	0.04	totale	383	0.0	0.04
V' m3/s	0.915624	ro w2/2	49	eta_vent	60%	L' watt	585
x							

Esercizio 4		ciclo bryton	K	°C	
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id 53.9%
P1=4 ass	1	T2id [K]	650	377	l' 355.3
P2=3 ass	15	deltaT12id	350.4		q' 964.7
etaC	85%	deltaT12re	412		<b>eta1 36.8%</b>
etaT	85%	T2re	712	439	etaC 82.1%
Tmax °C	1400	T3	1673	1400	eta2 44.9%
		T4id	772	499	
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	901.3		
Cp	1003.4	deltaT34re	766		
x		T4re	907	634	

Esercizio 5		Q, L, w^2				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume sp	1	15%	0.15	
Cp	1003.41	P bar	1	14.239	35.73	1.00
Cv	716.72	T °C	30	374	1351	312
m=1?		T K	303	647	1624	585
<b>m [kg]</b>	<b>1.1512</b>	w [m/s]	0	0	0	1444
v	0.86867	deltaU J		283954	805830	
V	1	deltaH J				-1200474
q_in	700	Lin [J]		-283954	0	0
x		Qin [J]		0.0	805830	0

P3 corretto di nuovo  
(link a celle errate)

Esercizio 6		Rankine					
Tmin °C	50	1=LiqSat	T °C	P kPa	x	h	s
Pmax bar	190	2	50	12.349	0	209.3	0.7038
Tmax °C	600	2re	50	19000	nd (<0)	228.4	"
etaPpomp	1	5	600	19000	nd (>1)	3546.6	6.539
etaTurb	1	6	50	12.349	<b>0.791</b>	<b>2095.2</b>	6.539
		6re			<b>0.791</b>	2095.2	
		VapSat	50	12.349	1	2592.1	8.0763

	ideale	reale
Qin	3318.24	3318.24
L_nu	1432.33	1432.33
<b>eta1</b>	<b>43.2%</b>	<b>43.2%</b>
etaC	63.0%	63.0%
<b>eta2</b>	<b>68.5%</b>	<b>68.5%</b>

x

Esercizio 7		deltaP linea - ventilatore					
diametro c	38	rho	1.2	deltaP Pa	deltaP Bar	metri c.a.	J/kg
Diametro	0.380	m' kg/s	1.360248	N (1=sboc)	5		
L metri	28	mi	1.85E-05	concentrat	300	0.0	0.03 250
A m2	0.113354	Re	247020.6	attrito	177	0.0	0.02 147.3684
w m/s	10	f attrito	0.04	totale	477	0.0	0.05 397.3684
V' m3/s	1.13354	ro w/2	60	eta_vent	60%	L' watt	<b>901</b>
x							

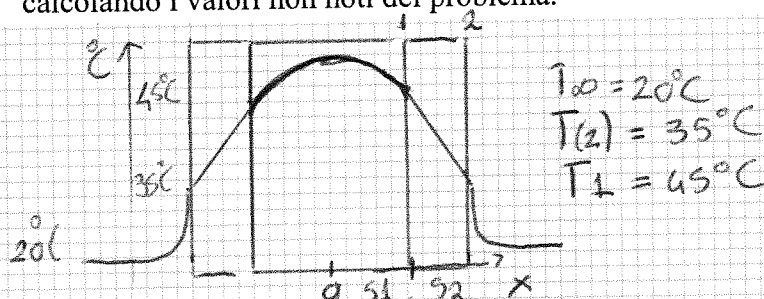
Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 24 gennaio 2020, aula 2.1.4, ore 11.30  
 E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)  
 Non sono consentiti: libri, esercizi svolti.

Specificare sempre: Tutte le **ipotesi, convenzioni, semplificazioni** adottate (25% del punteggio).  
 Tracciare sempre i **grafici** o **schemi** utili alla comprensione (25% del punteggio).  
 I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

Esame **completo** foglio 1 di 2, tempo a disposizione 2h30 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

	Tr. calore			TermoD+Macc					Norm.					Date orale
Es	1	2	3	4	5	6	NO	$\Sigma$	Tot/3*2	Ord+For	Scritto	Orale	Verbale	preferenze
Punti	6	6	9	6	9	9	NO	45	30	1+1	32			max fine feb
Voto	6	6	9	5,5	9	8,5	NO			1+1	31			31/01

1) Una lastra spessa 5 cm è costituita da un materiale avente  $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_p = 1000 \text{ J/kg.K}$ ,  $\lambda = 1 \text{ W/m.K}$  e al cui interno si sviluppa energia termica. La lastra è racchiusa tra due pareti di plastica, spesse 1 cm ed esposte all'aria, le cui temperature superficiali (lato aria e lato lastra) a regime sono rispettivamente  $15^\circ\text{C}$  e  $25^\circ\text{C}$  superiori a quella dell'aria. Disegnare il profilo della temperatura calcolando i valori non noti del problema.



Per la parete con generazione interna:

$$T(x) = -\frac{\dot{q}}{2\lambda} x^2 + Bx + C$$

Per simmetria la parete è adiabatica in 0

$$\frac{dT}{dx}(0) = B = 0 \rightarrow T(x) = -\frac{\dot{q}}{2\lambda} x^2 + C$$

Il calore che si trasferisce lungo la parete di plastica e per convezione  $\rightarrow$  è costante. Quindi, ragionando per  $1 \text{ m}^2$  di superficie,

$$|\dot{Q}| = k_{pl} A (T_1 - T_2) = 500 \text{ W} \checkmark$$

Inoltre bilanciando il calore sulla superficie 1

$$-\lambda A \left. \frac{dT}{dx} \right|_{s1} = |\dot{Q}| \rightarrow \dot{Q} = A \dot{q} s1 \rightarrow \dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A s1} = 20000 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \checkmark$$

$$T(0) = C = T_1 + \frac{\dot{q}}{2\lambda} s1^2 = 51,25^\circ\text{C} \checkmark$$

Infine

$$\dot{Q} = hA (T_2 - T_\infty) \rightarrow h = \frac{\dot{Q}}{A (T_2 - T_\infty)} = 33,33 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \checkmark$$

IPOTESI:

- Regime stazionario
- $T_\infty = 20^\circ\text{C}$
- Proprietà costanti
- Simmetria

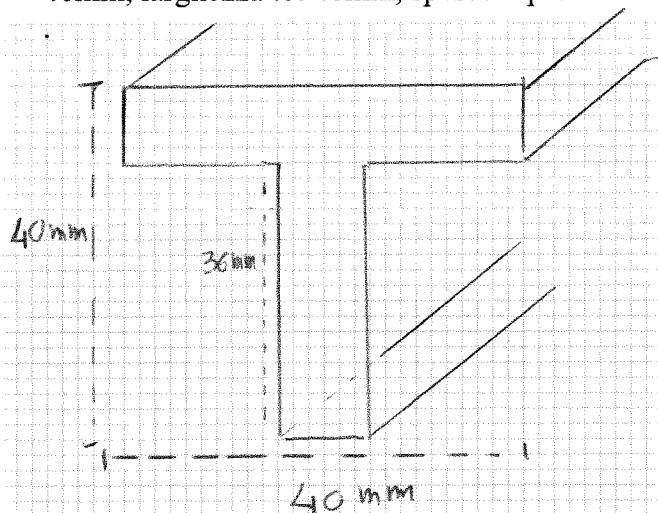
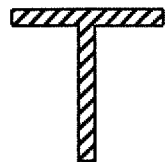
$$s1 = 0,025 \text{ m}$$

$$s2 = 0,01 \text{ m}$$

- Conduzione monodimensionale

$$k_{plastica} = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m.K}}$$

2) Una barra di alluminio con sezione a T è portata ad una estremità alla temperatura di  $90^{\circ}\text{C}$ . Determinare quanto debba essere lunga per poter essere considerata di lunghezza infinita, la potenza termica dissipata in tale caso, la sua efficacia. Dati sezione: altezza tot 40mm, larghezza tot 40mm, spessore profili 4 mm; coefficiente convettivo  $10 \text{ W/m}^2/^{\circ}\text{C}$ .



IPOTESI:

- Regime stazionario
- $T_{\infty} = 20^{\circ}\text{C}$
- MODELLO ALETTA INFINITA
- CONDUZIONE MONODIMENSIONALE lungo la barra
- CONVEZIONE su tutto il PERIMETRO dell'ALETTA

calcolo  $P$  e  $A$  ai fini del calcolo dell'indice  $m$

$$P = 4 + 40 + 4 + 36 + 36 + 4 + 36 = 160 \text{ mm}$$

$$A = (4 \cdot 40 + 36 \cdot 4) \text{ mm}^2 = 304 \text{ mm}^2 = 0,000304 \text{ m}^2$$

Assumendo  $\lambda_{\text{AL}} = 236 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ , calcolo indice  $m$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{\lambda A}} = 4,722 / \text{m}$$

Dall'equazione di distribuzione di temperatura lungo ALETTA INFINITA

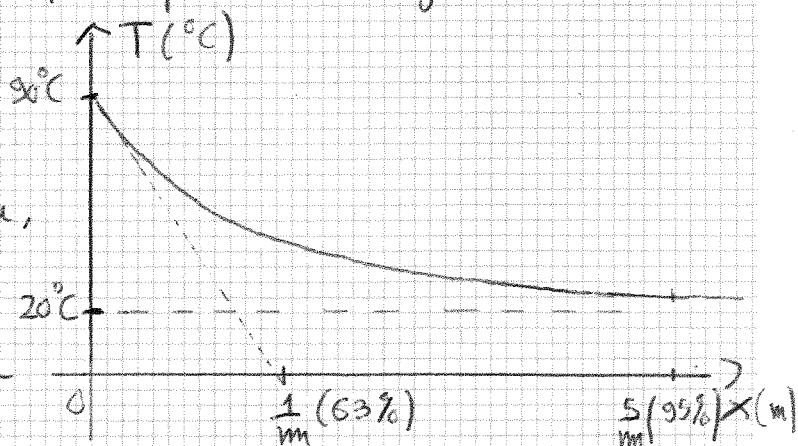
$$T(x) = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty}) e^{-mx}$$

Dallo studio dell'esponenziale smorzata che rappresenta la distribuzione di temperatura, a  $\frac{5}{m}$  la temperatura dell'aletta localmente approssima ragionevolmente la temperatura asintotica ( $T_{\infty}$ )

$$\text{Quindi } l = \frac{5}{m} = 1,059 \text{ m}$$

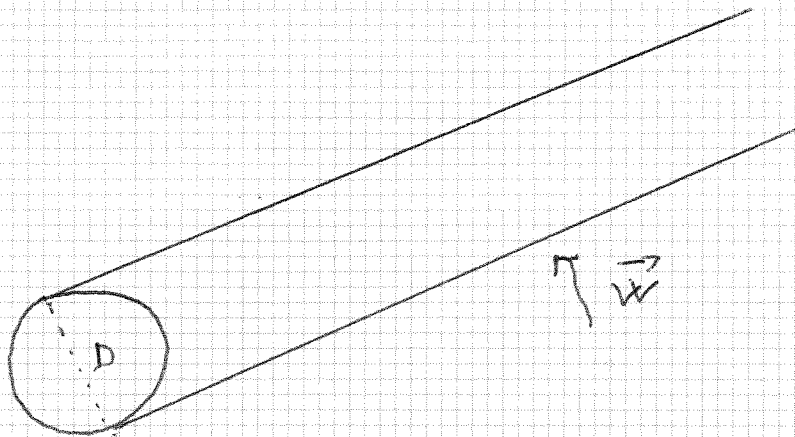
$$\epsilon = \sqrt{\frac{P \lambda}{h A}} = 111,45$$

$$\dot{Q} = (T_0 - T_{\infty}) \sqrt{h P \lambda A} = 23,72 \text{ W}$$



3) Una barra di acciaio avente  $D = 2$  cm esce da un trattamento metallurgico alla temperatura di  $500^\circ\text{C}$ , e viene raffreddata con aria ambiente avente velocità di  $15\text{m/s}$ . Determinare per quanto tempo è pericoloso maneggiarla.

Intervallo Re	$Nu_{\text{cilindro}} =$
$0.4 \div 4$	$0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
$4 \div 40$	$0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
$40 \div 4'000$	$0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
$4'000 \div 40'000$	$0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
$40'000 \div 400'000$	$0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$



### IPOTESI

- Transitorio termico
  - $T_\infty = 30^\circ\text{C}$
  - $T_{OK} = 40^\circ\text{C}$
  - $\lambda_{AC} = 60 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$
  - $\rho_{AC} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
  - $c_{PAC} = 440 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$
  - Velocità aria direzionata come in figura
- ↓
- $L_{Re} = 0,02 \text{ m}$

$$T_{FILM} = \frac{T_0 + T_{OK}}{2} + T_\infty = 150^\circ\text{C} \checkmark$$

Proprietà aria ( $T_{FILM}$ ):

$$\rho = 0,82305 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad K = 34,735 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$\mu = 24,065 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{sm}} \quad Pr = 0,7052$$

$$Re = \frac{\rho W L_{Re}}{\mu} = 10260,33 \checkmark$$

$$Nu = 0.193 Re^{0.618} \sqrt[3]{Pr} = 51,743$$

$$Nu = \frac{h L_{Re}}{K} \rightarrow h = \frac{K Nu}{L_{Re}} = 89,87 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \checkmark$$

$$L_{Bi} = \frac{V}{A} = \frac{K D^2}{4 \mu c_p} = \frac{D}{4} = 0,005 \text{ m}$$

$$Bi = \frac{h L_{Bi}}{\lambda_{AC}} = 0,0075 < 0,1$$

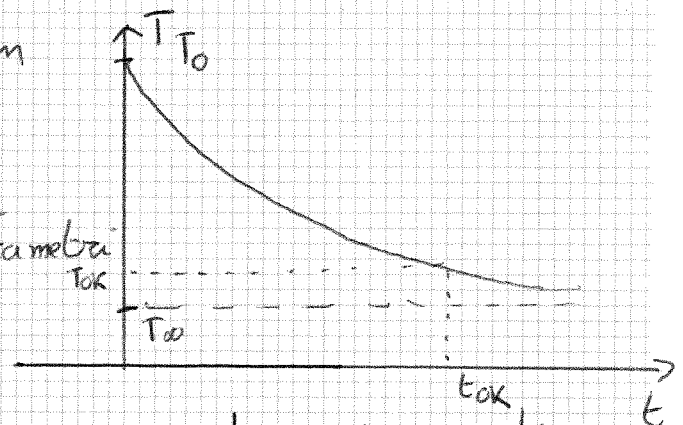
↓ È dato applicare il modello a parametri concentrati

Calcolo INDICE  $\gamma$

$$\gamma = \frac{\rho L_{Bi} c_{AC}}{h} = 192,16 \text{ s}$$

Dall'equazione del modello a parametri concentrati

$$t_{OK} = (-\gamma) \ln \left[ \frac{T_{OK} - T_\infty}{T_0 - T_\infty} \right] = 740 \text{ s} \checkmark$$



I GRADIENTI di TEMPERATURA ALL'INTERNO SONO TRASCURABILI

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. 24 gennaio 2020, aule 214 503 511, 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 (25% del punteggio).

Tracciare sempre i grafici o schemi utili alla comprensione (25% del punteggio).

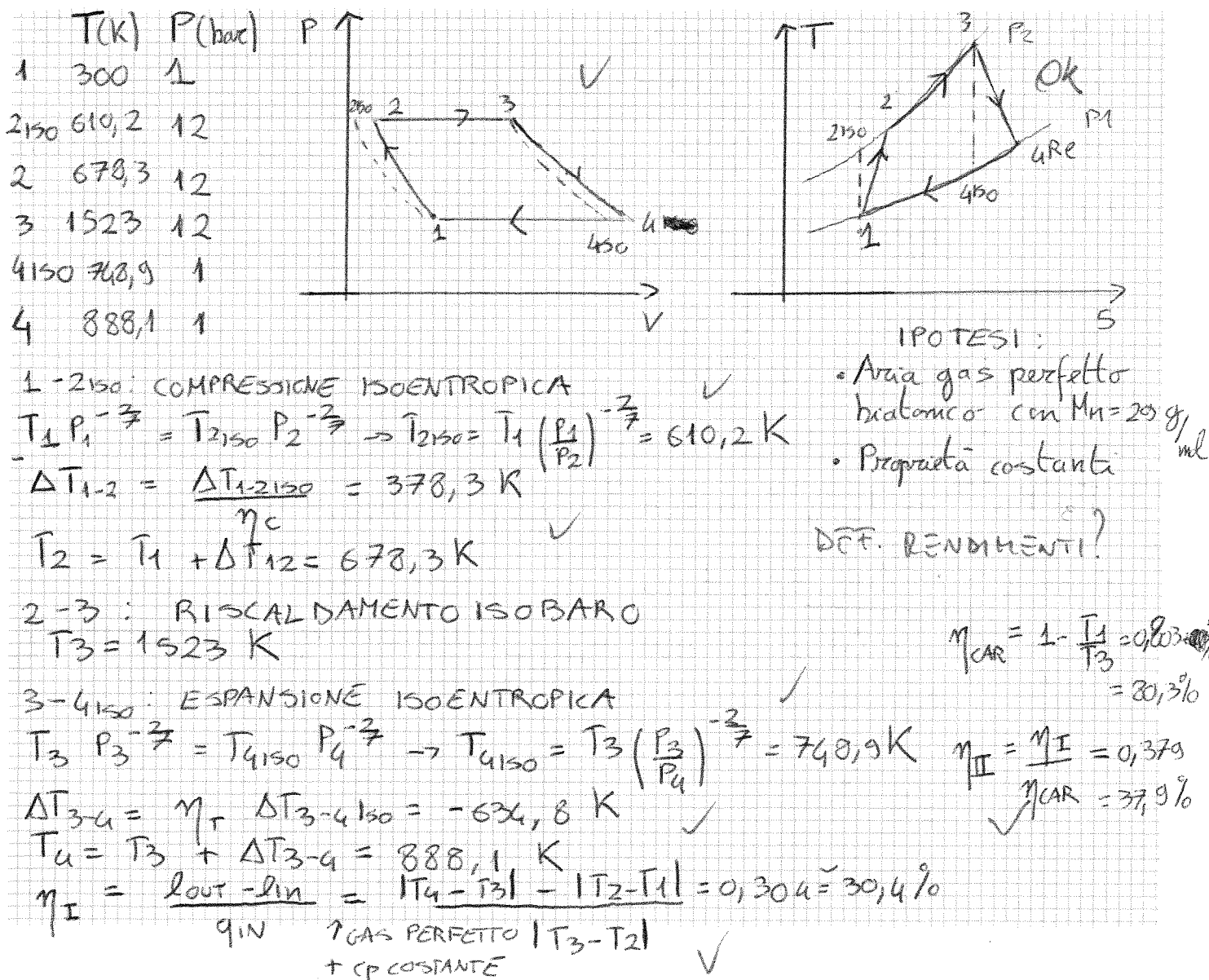
I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

2° Prova, foglio Unico, tempo a disposizione 1h40 (sono indicati i punteggi indicativi)

TermoD+Macc											Date orale
Es	4	5	6	7	Ord+For	$\Sigma$	1 <sup>A</sup> prova	Scritti	Orale	Verbale	preferenze
Punti	6	9	9	6	1+1	32					<i>max fine feb</i>
Voto	5,5										31/01

Per esame completo questo è il 2° foglio, istruzioni sul 1° foglio.

4) Una turbina a gas lavora secondo il ciclo Joule-Brayton approssimabile come chiuso, in cui evolve aria inizialmente a condizioni atmosferiche. Noti il rapporto di compressione 12, i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a 82%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo 1250°C, determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare i grafici rappresentanti il ciclo nei piani p-v e T-s.





5) In un sistema cilindro-pistone, aria a condizioni ambiente viene prima compressa isentropicamente fino a ridurne il volume al 22%, quindi scaldata a volume costante introducendo calore per 400 kJ/kg, quindi viene rilasciata verso l'ambiente tramite un ugello in cui avviene una trasformazione ideale reversibile. Tracciare gli opportuni schemi e/o grafici. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate

	$T(K)$	$P(\text{bar})$	$v(\frac{m^3}{kg})$	$w(\frac{m}{s})$
1	300	1	0,86	—
2	550	8,34	0,189	—
3	1108	16,81	0,189	—
4	495	1	—	1109 m/s

IPOTESI:

- Aria gas perfetto bica con  $M_A = 29 \text{ g/mol}$
- Condizioni stazionarie [Portata costante]

$$v_1 = \frac{T_1 R_g}{P_1} = 0,86 \frac{m^3}{kg}$$

- $w_1 = w_2 = w_3 = 0 \text{ m}$
- Variazione quota tra 3-4 trascurabile

1-2: COMPRESSIONE ISOENTROPICA

$$v_2 = 0,22 v_1 = 0,189 \frac{m^3}{kg}$$

$$T_1 v_1^{\frac{2}{3}} = T_2 v_2^{\frac{2}{3}} \rightarrow T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{\frac{2}{3}} = 550 \text{ K}$$

$$P_2 = \frac{T_2 R_g}{v_2} = 8,34 \text{ bar}$$

$$q_{12} = 0$$

$$l_{12} = \Delta u_{12} = c_v \Delta T_{12} = 179175 \frac{J}{kg}$$

2-3: RISCALDAMENTO ISOCORO

$$l_{23} = 0 \text{ J/kg} \quad [\text{VOLUME COSTANTE}]$$

$$q_{23} = \Delta u_{23} = c_v \Delta T_{23} \quad [\text{IL SISTEMA CILINDRO PISTONE E' CHIUSO}]$$

$$\Delta T_{23} = \frac{q_{23}}{c_v} = \frac{400.000 \text{ J}}{\frac{5}{2} R_g \text{ kg}} = 558 \text{ K}$$

$$T_3 = T_2 + \Delta T_{23} = 1108 \text{ K}$$

$$P_3 = \frac{T_3 R_g}{v_3} = 16,808 \text{ bar}$$

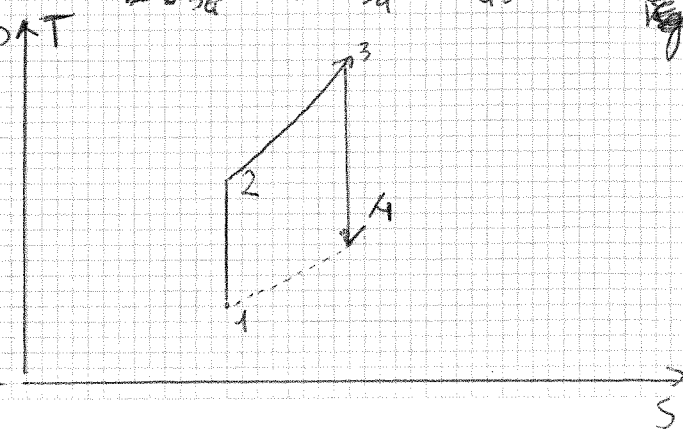
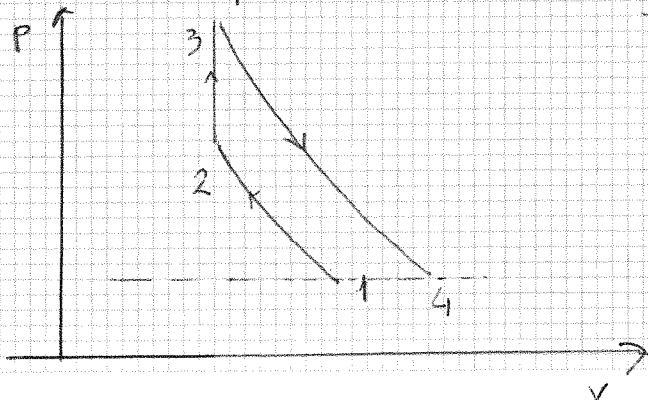
3-4: L'UGELLO ISOENTROPICO RILASCI ARIA FINO A  $P_{\text{AMBIENTE}}$

$$T_3 P_3^{-\frac{2}{3}} = T_4 P_4^{-\frac{2}{3}} \rightarrow T_4 = T_3 \left( \frac{P_3}{P_4} \right)^{-\frac{2}{3}} = 494,7 \text{ K} \quad \Delta h_{34} = c_p \Delta T_{34} = -6148$$

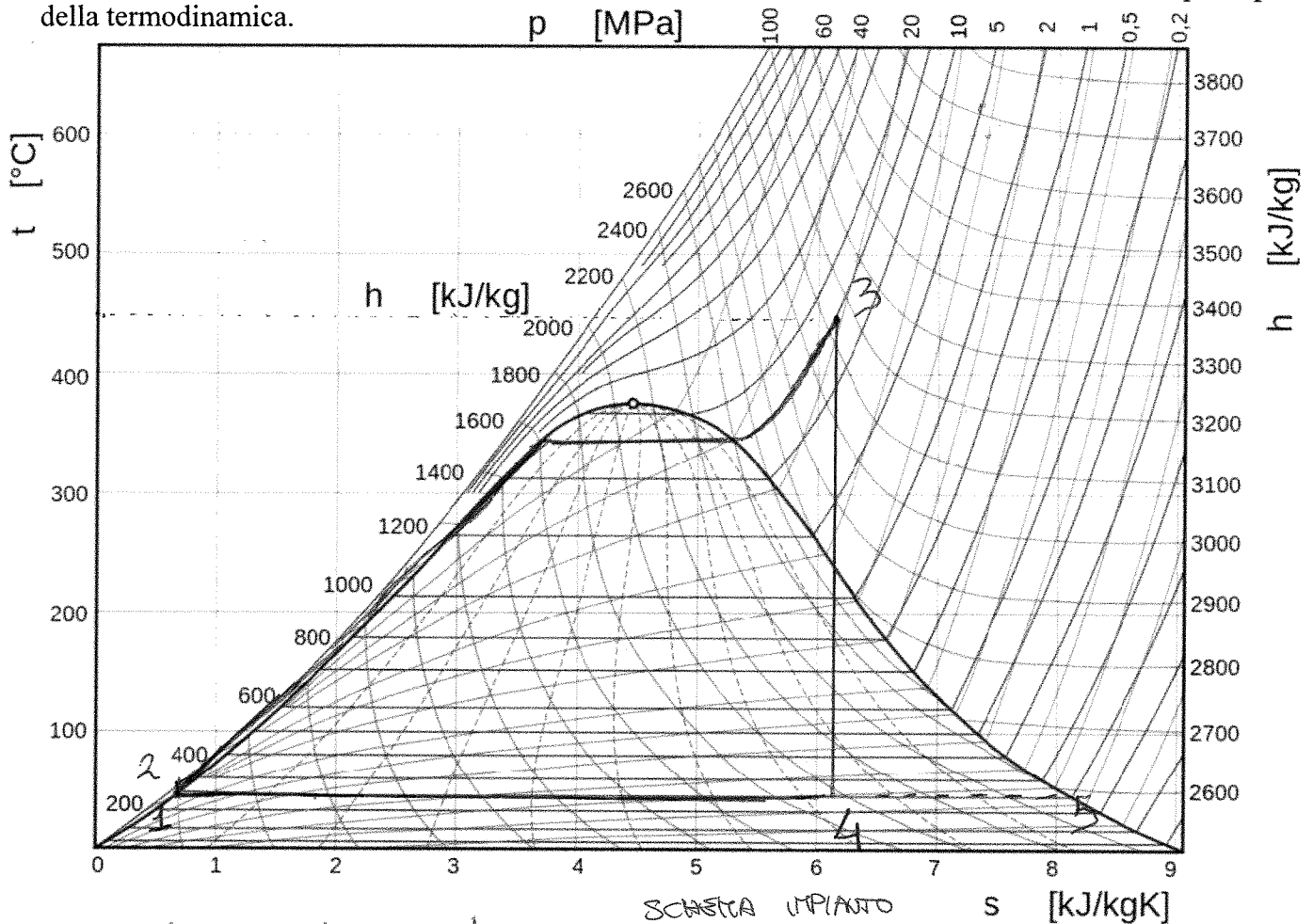
$$\Delta h_{34} = -\Delta e_{c34} \text{ da cui}$$

$$[\text{Nell'ugello } l_{in} = q_{in} = 0]$$

$$w_u = \sqrt{-2 c_p \Delta T_{34}} = 1109 \text{ m/s}$$



6) Sono date le  $T_{\min} = 40^\circ\text{C}$  e  $T_{\max} = 450^\circ\text{C}$  e la pressione massima 160 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.



	T(K)	P(bar)	h(KJ/kg)	s(KJ/kgK)	x
1	313	0,07384	167,57	0,5725	0
2	≈ 313	160	183,56	0,5725	< 0
3	723	160	3136,37	6,0875	> 1
4	313	0,07384	1803,19	6,0875	0,717
5	313	0,07384	2574,3	8,2570	1

IPOTESI:

- ACGUA FLUIDO INCOMPRESSIBILE  
con  $v = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

da cui

$$\Delta h_{12} = \Delta u_{12} + v \Delta p_{12} + p \Delta v_{12}$$

$$h_2 = h_1 + v (p_2 - p_1) \cdot 10^{-3} = 183,56 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

- PORTATA COSTANTE

$$x_u = \frac{s_4 - s_1}{s_5 - s_1} = 0,717$$

$$h_u = h_1 + x_u \Delta h_{15} = 1803,19 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_I = \frac{|h_u - h_3| - |h_2 - h_1|}{|h_3 - h_2|} = 0,415 = 41,5\%$$

$$\eta_{\text{CAR}} = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 0,567 = 56,7\% \rightarrow \eta_{II} = \frac{\eta_I}{\eta_{\text{CAR}}} = 0,732 = 73,2\%$$

OK