

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 3 settembre 2020, on line ore 15.30  
 E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle acqua, un -formulario (1 pagina A4 F/R)  
 Non sono consentiti: libri, esercizi svolti.

Usare preferibilmente un foglio A4 per ciascun esercizio

Riportare sull'intestazione di ogni foglio inviato Cognome e codice persona

Riportare i dati variabili utilizzati, individuati in base al codice persona (vedi sotto)

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.

Tempo a disposizione **3 ore** (sono indicati i punteggi indicativi)

	Tr. calore			TermoD+Macc					
Es	1	2	3	4	5	6	7	ordine	$\Sigma$
Punti	4	4	6	5	5	4	3	max 1	32

codice persona	x	x	x	x	x	x	x	<b>M</b>	<b>N</b>
----------------	---	---	---	---	---	---	---	----------	----------

Le ultime due cifre M ed N del codice persona di ciascun candidato sono usate negli esercizi per determinare i dati.

1) Un tubo in acciaio ha diametro interno 20+2M mm e spessore 5 mm. Trasporta acqua calda a 70+M+N°C, con coefficiente di convezione interno molto (molto) elevato. E' isolato con 20+N mm di schiuma poliuretanica, e all'esterno è investito dal vento freddo con coefficiente convettivo  $h=40 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Determinare la T a cui il materiale isolante deve poter resistere. Definire il profilo delle temperature.

sostanza a 300K	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$k$ ( $\lambda$ ) (W/m*K)	$c_p$ (J/kg*K)
Acciaio inox	7500-8000	14-18	477
Acciaio	7850	50-60	440
Alluminio puro	2702	236	902
Alluminio lega	2900	200	875
legno	850	0.22	1600
Polistirene esp.	50	0.025	1350
schiuma poliuretanica	100	0.05	1400

2) Un disco di legno avente diametro 30+M cm, spessore 30+N mm, inizialmente a T ambiente viene introdotto in un forno ventilato. Ipotizzando la temperatura dei gas 120+10M°C, e il coefficiente di convezione pari a 10+M W/m<sup>2</sup>K, determinare la temperatura al centro e alla superficie dopo 20 minuti. Chiarire e discutere le ipotesi utilizzate

3) Una lastra di alluminio di forma rettangolare, dimensioni in mm 1000 x 2000 x (5+M), dopo un trattamento di rinvenimento a T=(200+10M)°C è raffreddato da un flusso d'aria a 10+N m/s. Determinare dopo quanto tempo può essere maneggiata.

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

$$\begin{aligned} \text{Nu} &= 0.664 \text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3} & (\text{Re} < 500'000) \\ \text{Nu} &= (0.037 \text{Re}^{4/5} - 871) \text{Pr}^{1/3} & (0.6 < \text{Pr} < 60, \text{Re} > 5 \cdot 10^5) \\ \text{Nu} &= 0.037 \text{Re}^{4/5} \text{Pr}^{1/3} & (0.6 < \text{Pr} < 60, \text{Re} \gg 5 \cdot 10^5) \end{aligned}$$

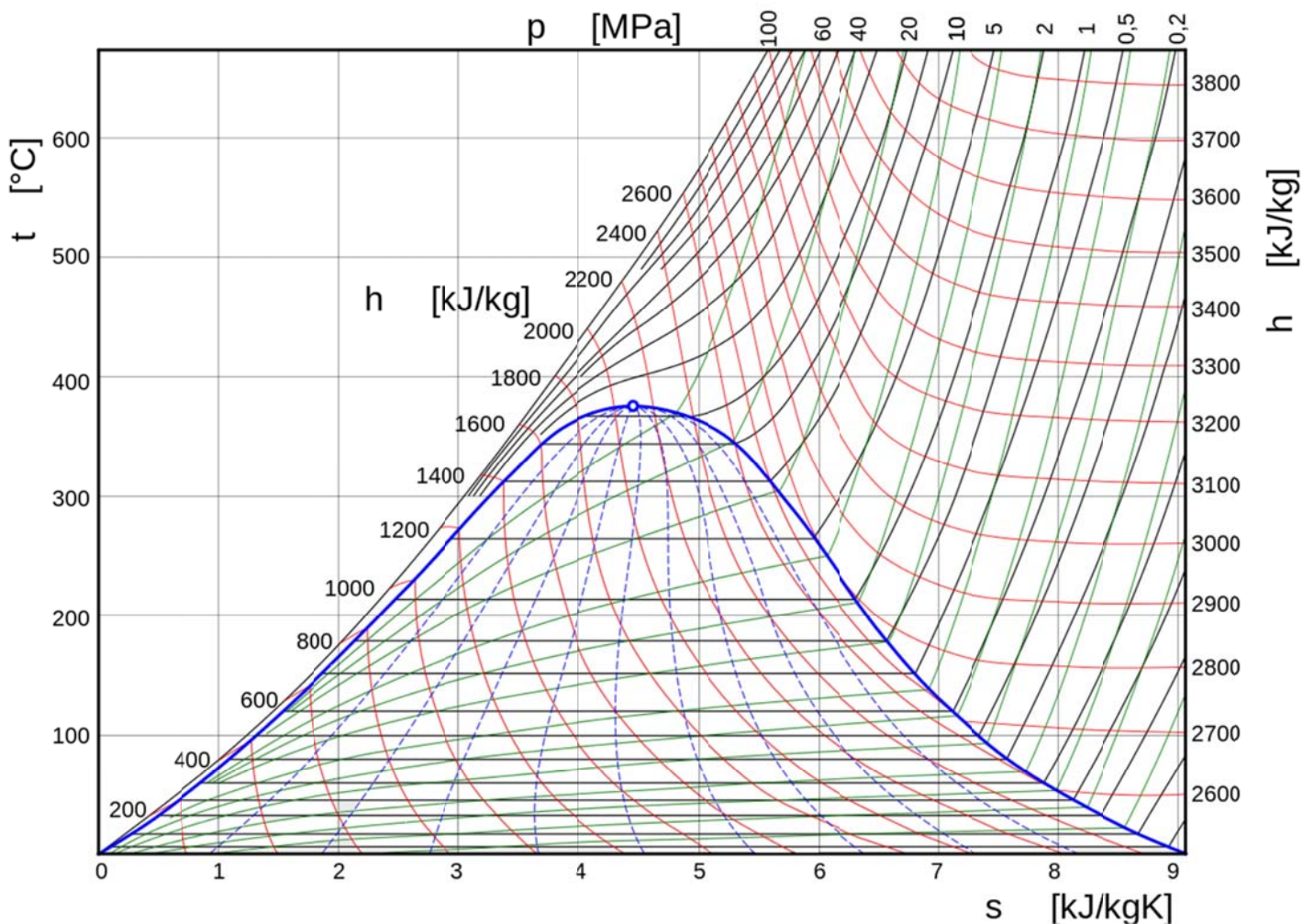
4) Sono date le  $T_{\min} = 40^\circ\text{C}$  e  $T_{\max} = (600-20 \cdot M)^\circ\text{C}$  e la pressione massima (200-10\*N) bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa e turbina **isoentropiche**. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s (a mano+foto se stampato preventivamente, o in quello allegato). Calcolare i valori delle grandezze nei punti necessari ed i rendimenti del ciclo secondo i due principi della termodinamica, spiegandone i significati.

5) In un sistema cilindro-pistone, aria a condizioni ambiente viene prima compressa isoentropicamente fino a ridurre il volume al (20+M)%, quindi scaldata a volume costante introducendo calore per 300+10N 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) 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  $10+M/2$ , i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a  $(80+N)\%$ , la temperatura massima raggiunta durante il ciclo  $1400^{\circ}\text{C}$ , determinare i punti del ciclo, i rendimenti del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

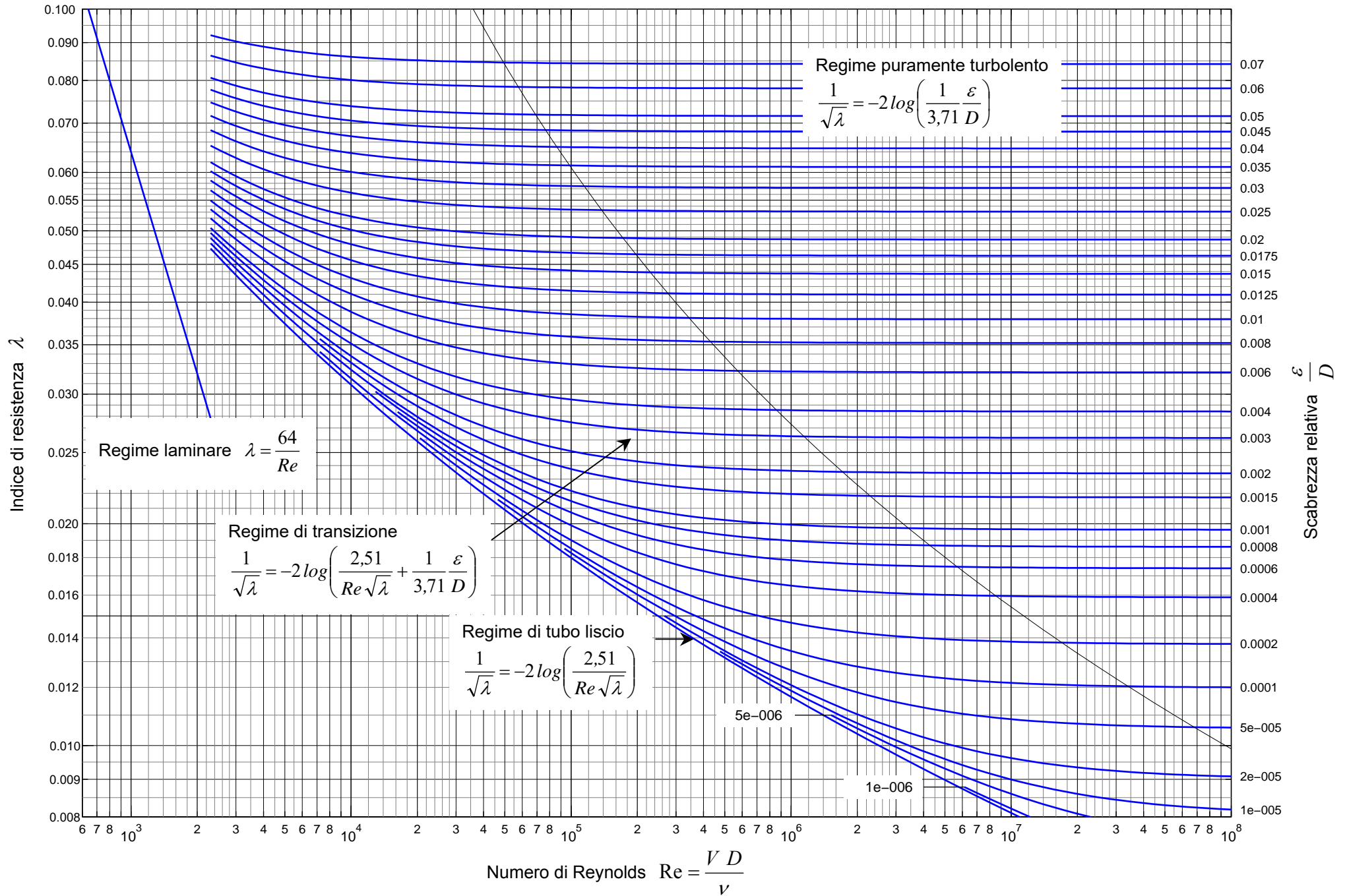
7) Determinare la potenza della pompa necessaria per sollevare una portata  $30+M$  litri/minuto di acqua dalla cantina al piano  $(10+N)$  tramite tubi aventi diametro interno  $2.5\text{ cm}$ . Valutare l'influenza sul risultato del possibile montaggio di 20 curve a gomito lungo il percorso



DITEC	PROPRIETÀ TERMOFISICHE DELL'ACQUA ALLA SATURAZIONE	TAB. 11
-------	----------------------------------------------------	---------

t Temperatura						μ Viscosità dinamica				PEDICI:									
p Pressione						ν Viscosità cinematica				l liquido saturo									
ρ Densità						a Diffusività termica				v vapore saturo secco									
c Calore specifico a p=cost						Pr Numero di Prandtl													
β Coefficiente volumetrico di dilatazione termica						σ Tensione superficiale													
k Conducibilità termica						Δh <sub>v</sub> Entalpia di passaggio di stato													
t °C	p bar	ρ <sub>l</sub> kg/m <sup>3</sup>	ρ <sub>v</sub> kg/m <sup>3</sup>	c <sub>pl</sub> kJ/kgK	c <sub>pv</sub> kJ/kgK	β <sub>l</sub> 10 <sup>-3</sup>	β <sub>v</sub> 1/K	k <sub>l</sub> 10 <sup>-3</sup>	k <sub>v</sub> W/mK	μ <sub>l</sub> 10 <sup>-6</sup>	μ <sub>v</sub> kg/m s	ν <sub>l</sub> 10 <sup>-6</sup>	ν <sub>v</sub> m <sup>2</sup> /s	a <sub>l</sub> 10 <sup>-6</sup>	a <sub>v</sub> m <sup>2</sup> /s	Pr <sub>l</sub>	Pr <sub>v</sub>	σ 10 <sup>-3</sup> N/m	Δh <sub>lv</sub> kJ/kg
0.01	0.006117	999.78	0.004855	4.229	1.868	-0.08044	3.672	561.0	17.07	1792	9.216	1.792	1898	0.1327	1883	13.51	1.008	75.65	2500.5
10.00	0.012281	999.69	0.009405	4.188	1.874	0.08720	3.548	580.0	17.62	1306	9.461	1.307	1006	0.1385	999.8	9.434	1.006	74.22	2476.9
20.00	0.023388	998.19	0.01731	4.183	1.882	0.2089	3.435	598.4	18.23	1002	9.727	1.004	562.0	0.1433	559.6	7.005	1.004	72.74	2453.3
30.00	0.042455	995.61	0.03040	4.183	1.892	0.3050	3.332	615.4	18.89	797.7	10.01	0.8012	329.3	0.1478	328.3	5.422	1.003	71.20	2429.7
40.00	0.073814	992.17	0.05121	4.182	1.904	0.3859	3.240	630.5	19.60	653.2	10.31	0.6584	201.3	0.1519	200.9	4.333	1.002	69.60	2405.9
50.00	0.12344	987.99	0.08308	4.182	1.919	0.4572	3.156	643.5	20.36	547.1	10.62	0.5537	127.8	0.1558	127.7	3.555	1.001	67.95	2381.9
60.00	0.19932	983.16	0.13030	4.183	1.937	0.5222	3.083	654.3	21.18	466.6	10.93	0.4746	83.91	0.1591	83.92	2.983	1.000	66.24	2357.6
70.00	0.31176	977.75	0.19823	4.187	1.958	0.5827	3.018	666.3	22.07	404.1	11.26	0.4132	56.80	0.1620	56.85	2.551	0.9992	64.49	2333.1
80.00	0.47373	971.79	0.29336	4.194	1.983	0.6403	2.964	670.0	23.01	354.5	11.59	0.3648	39.51	0.1644	39.56	2.219	0.9989	62.68	2308.1
90.00	0.70117	965.33	0.42343	4.204	2.011	0.6958	2.919	675.3	24.02	314.5	11.93	0.3258	28.17	0.1664	28.20	1.958	0.9989	60.82	2282.7
100.00	1.0132	958.39	0.59750	4.217	2.044	0.7501	2.884	679.1	25.09	281.9	12.27	0.2941	20.53	0.1680	20.55	1.750	0.9994	58.92	2256.7
110.00	1.4324	951.00	0.82601	4.232	2.082	0.8038	2.860	681.7	26.24	254.8	12.61	0.2680	15.27	0.1694	15.26	1.582	1.001	56.97	2229.9
120.00	1.9848	943.16	1.12081	4.249	2.126	0.8576	2.846	683.2	27.46	232.2	12.96	0.2462	11.56	0.1705	11.53	1.444	1.003	54.97	2202.4
130.00	2.7002	934.88	1.4954	4.267	2.176	0.9123	2.844	683.7	28.76	213.0	13.30	0.2278	8.894	0.1714	8.840	1.329	1.006	52.94	2174.0
140.00	3.6119	926.18	1.9647	4.288	2.233	0.9683	2.855	683.3	30.14	196.6	13.65	0.2123	6.946	0.1720	6.869	1.234	1.011	50.86	2144.7
150.00	4.7572	917.06	2.5454	4.312	2.299	1.026	2.878	682.1	31.59	182.5	13.99	0.1991	5.496	0.1725	5.399	1.154	1.018	48.75	2114.1
160.00	6.1766	907.50	3.2564	4.339	2.374	1.087	2.916	680.0	33.12	170.3	14.34	0.1877	4.402	0.1727	4.285	1.087	1.027	46.60	2082.3
170.00	7.9147	897.51	4.1181	4.369	2.460	1.152	2.969	677.1	34.74	159.6	14.68	0.1779	3.565	0.1727	3.430	1.030	1.039	44.41	2049.2
180.00	10.019	887.06	5.1539	4.403	2.558	1.221	3.039	673.4	36.44	150.2	15.02	0.1693	2.915	0.1724	2.764	0.9822	1.055	42.20	2014.5
190.00	12.542	876.15	6.3896	4.443	2.670	1.296	3.128	668.8	38.23	141.8	15.37	0.1619	2.405	0.1718	2.241	0.9423	1.073	39.95	1978.2
200.00	15.536	864.74	7.8542	4.489	2.797	1.377	3.238	663.4	40.10	134.4	15.71	0.1554	2.001	0.1709	1.825	0.9093	1.096	37.68	1940.1
210.00	19.062	852.82	9.5807	4.542	2.943	1.467	3.372	657.1	42.07	127.7	16.06	0.1497	1.676	0.1696	1.492	0.8825	1.123	35.39	1900.0
220.00	23.178	840.34	11.607	4.604	3.109	1.567	3.534	649.8	44.15	121.6	16.41	0.1447	1.414	0.1680	1.224	0.8614	1.155	33.08	1857.8
230.00	27.951	827.25	13.976	4.675	3.299	1.680	3.729	641.4	46.35	116.0	16.76	0.1403	1.199	0.1659	1.005	0.8456	1.193	30.75	1813.1
240.00	33.447	813.52	16.739	4.759	3.519	1.808	3.963	632.0	48.70	110.9	17.12	0.1363	1.023	0.1633	0.8268	0.8351	1.237	28.40	1765.7
250.00	39.736	799.07	19.956	4.857	3.772	1.955	4.245	621.4	51.23	106.2	17.49	0.1329	0.8766	0.1601	0.6804	0.8299	1.288	26.05	1715.4
260.00	46.894	783.83	23.700	4.973	4.068	2.127	4.586	609.4	53.98	101.7	17.88	0.1298	0.7542	0.1564	0.5598	0.8302	1.347	23.70	1661.9
270.00	54.999	767.68	28.061	5.111	4.418	2.331	5.002	596.1	57.04	97.56	18.27	0.1271	0.6512	0.1519	0.4602	0.8365	1.415	21.35	1604.6
280.00	64.132	750.52	33.152	5.279	4.836	2.578	5.519	581.4	60.52	93.57	18.70	0.1247	0.5640	0.1467	0.3775	0.8496	1.494	19.00	1543.1
290.00	74.380	732.16	39.119	5.485	5.345	2.884	6.170	565.2	64.59	89.72	19.15	0.1225	0.4896	0.1407	0.3089	0.8708	1.585	16.68	1476.7
300.00	85.838	712.41	46.154	5.746	5.981	3.273	7.010	547.7	69.49	85.96	19.65	0.1207	0.4257	0.1338	0.2517	0.9018	1.691	14.37	1405.7
310.00	98.605	690.95	54.525	6.084	6.799	3.785	8.127	529.0	75.61	82.22	20.20	0.1190	0.3706	0.1258	0.2040	0.9457	1.817	12.10	1325.8
320.00	112.79	667.36	64.615	6.542	7.898	4.491	9.674	509.4	83.59	78.46	20.84	0.1176	0.3226	0.1167	0.1638	1.008	1.969	9.875	1238.5
330.00	128.52	641.00	77.013	7.201	9.458	5.530	11.94	489.2	94.48	74.58	21.60	0.1163	0.2805	0.1060	0.1297	1.098	2.163	7.713	1140.3
340.00	145.94	610.77	92.691	8.238	11.87	7.210	15.55	468.6	110.2	70.45	22.55	0.1153	0.2433	0.09313	0.1002	1.239	2.428	5.636	1027.5
350.00	165.21	574.69	113.48	10.13	16.11	10.37	22.12	447.6	134.6	65.88	23.81	0.1146	0.2098	0.07692	0.07365	1.490	2.849	3.675	893.03
360.00	186.55	528.10	143.64	14.69	25.80	18.30	37.71	427.2	178.0	60.39	25.71	0.1144	0.1790	0.05507	0.04804	2.077	3.726	1.886	721.06
370.00	210.30	453.13	200.29	41.96	78.75	68.20	126.7	428.0	299.4	52.26	29.57	0.1153	0.1477	0.02251	0.01898	5.122	7.780	0.3948	450.42
373.00	220.55	322.00	322.00	∞	∞	∞	∞	1419	1419	43.16	43.16	0.1341	0.1341	0.00000	0.00000	∞	∞	0.0000	0.0000

# Abaco di Moody



M= 4  
N= 6

**Esercizio 1** tubo isolato

	lambda	Ri	deltaT	T	
h int	<b>100000</b>			<b>80</b>	353
r1	0.014	R conv int	0.000114	0.00	80.00
r2	0.019	60	0.00081	0.02	79.98
r3	0.045	0.05	2.745935	72.64	7.34
h est	<b>40.0</b>	R conv est	0.088464	2.34	5.00
		R tot	<b>2.835323</b>	<b>5</b>	278
x		Q'	26.45201		

**Esercizio 2** Bi>0.1

D, cm	34	lambda	0.22	facce	2	facce 1, 2,
m	0.34	Cp	1600	Lc Biot	0.0180	
sp mm	36	T_amb	160	433 K	alfa	1.62E-07
m	0.036	h	14		tempo s	1200
volume, m3	0.003267	T_iniz	20		Fo = tau	0.60
rho	850				teta_x=0	0.70
A m2	<b>0.090746</b>	<b>Bi</b>	<b>1.145</b>		T x=0	61.9 334 K
tempo min	20	lambda1	0.89166	0.700475	teta_sup	0.44
		A1	1.127885	98.06645	T sup	98.4 371 K

**Esercizio 3** Bi<<1, Re-Nu piana, lastra

Tfilm °C, K	75	348.0	w m/s	16	lambda_all	200	Biot	0.000627
ro_aria	1.015606		L_Re m	1	ro-all	2900	Tau	409.99
Cp	1.014		Spessore	0.009	Cp_all	875	T_iniz	240
lambda	0.029852		Re	784040	L	5	T_infinito	20
mu	2.07E-05		Nu	933.0	facce	2	T_ok	40
Pr	0.7		h	<b>27.85</b>	L_biot	0.0045	t_ok [s]	983, 16

**Esercizio 4** Rankine

	T °C	T K	P kPa	x	h	s
Tmin °C	40	313	7.384	0	167.6	0.5725
Tmax °C	520	313	14000	nd (<0)	<b>181.6</b>	"
Pmax bar	140				181.6	
etaPpompa	1	520	793	14000	nd (>1)	3377.8
etaTurb	1	40	313	7.384	<b>0.766</b>	<b>2011.8</b>
					<b>0.766</b>	2011.8
793		40	313	7.384	1	2574.3

	ideale	reale
Qin	3196.21	3196.21
L_nu	1351.97	1351.97
eta1	<b>42.3%</b>	<b>42.3%</b>
etaC	60.5%	60.5%
eta2	<b>69.9%</b>	<b>69.9%</b>

x

**Esercizio 5** Q, L, w<sup>2</sup>

Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	v	0.840	0.202	0.202	1.36
Cp	1003.41	P bar	1	7.374	14.52	1.00
Cv	716.72	T °C	20	246	748	202
v2/v1	24%	T K	293	519	1021	475
m=1?	1	w [m/s]	0	0	0	1046
<b>m [kg]</b>	<b>1.0000</b>	deltaU J		161651	360000	
V1	0.840001	deltaH J				-547366
q_in	360	Lin [J]		-161651	0	0
x		Qin [J]		0.0	360000	0

**Esercizio 6** ciclo bryton

		K	°C	
T1 °C	20	T1 [K]	300	27
P1=4 ass	1	T2id [K]	610	337
P2=3 ass	12	deltaT12id	310.2	
etaC	86%	deltaT12re	361	
etaT	86%	T2re	661	388
Tmax °C	1400	T3	1673	1400
		T4id	823	550
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	850.5	
Cp	1003.4	deltaT34re	731	
x		T4re	942	669

eta id	50.8%
l'	372.2
q'	1016.4
<b>eta1</b>	<b>36.6%</b>
etaC	82.1%
eta2	44.6%

**Esercizio 7** Moody pompa acqua palazzo

V' l/min	34	m' kg/s	0.57	<b>w m/s</b>	<b>1.15</b>	<b>Re</b>	<b>36093.42</b>
D cm	2.5	D m	0.025	mi acqua	0.0008	f attrito	0.06
rho	1000	A	0.000491	ni	0.000001	piani	16

deltaP Pa	deltaP Bar	metri	J/kg
attrito	76838	0.8	7.84
altezza Z	470400	4.7	48
<b>totale</b>	<b>547238</b>	<b>5.5</b>	<b>55.84</b>
1 gomito	534	0.005	0.05

Pot L' W	310
% N gomiti	0.02