

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)
 Non sono consentiti: libri, esercizi svolti

Lasciare un margine di alcuni cm sull'intestazione di OGNI foglio consegnato, in cui scrivere COGNOME + Nome + Matricola (stampatello, leggibile)

Consegnare: ☐ svolgimento (no brutte copie), ☐ formulario.

NON consegnare: ☐ testo, ☐ tabelle

Specificare:

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 completo 8 esercizi , tempo a disposizione 3 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

Es	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	Ordine	TOT
Punti	3	5	4	4	4	4	3	4	1	32

11) Una lastra avente dimensioni cm 120x240x14 (materiale con calore specifico 1.6 kJ/kg.K, conducibilità termica 0.6 W/m.K, densità 1.3 kg/dm³) si scalda per reazioni chimiche interne, ed è raffreddata dall'aria ambiente. Sono note a regime la temperatura dell'aria 15°C, la temperatura misurata alla superficie della piastra 25°C, la temperatura misurata al centro 50°C. Disegnare qualitativamente il profilo di temperatura, determinare i valori della potenza generata internamente e del coefficiente di convezione. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 1pt)

12) Una piastra in alluminio di sezione rettangolare (spessore 3 mm, larghezza 40 mm, lunghezza indefinita), è mantenuta ad una estremità alla temperatura di 140°C. E' investita da un flusso d'aria ambiente a 5 m/s. Determinare a quale distanza dalla base possa essere toccata senza pericoli, e la potenza termica dissipata. (ipotesi+spiegazioni 1.5pt, grafico 1pt, calcoli 2.5pt)

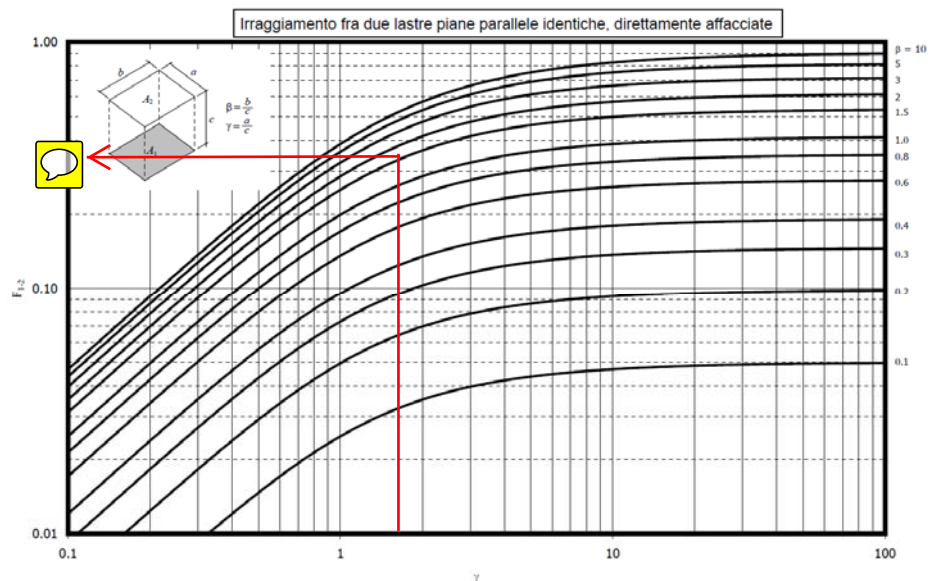
Correlazioni suggerite per il numero di Nusselt su lastre piane: (motivare la scelta effettuata)

lastra piana, $Re < 500'000$ $Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$

lastra piana, $Re > 500'000$ $Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$ ($0.6 < Pr < 60$, $5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$)

lastra piana, $Re \gg 500'000$ $Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3}$ ($0.6 < Pr < 60$, $5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$)

13) In una stanza il riscaldamento è ottenuto tramite pannelli radianti installati a soffitto. La stanza ha pianta quadrata con lato 4.5 m e altezza 2.8 m, le temperature sono: soffitto 35°C, pavimento 20°C, pareti 15°C, tutte con emissività 0.8. Determinare gli scambi termici tra le varie superfici e la potenza ceduta dall'impianto di riscaldamento.



14) Aria a condizioni ambiente viene scaldata a volume costante fino a 250°C , quindi compressa isoentropicamente fino a ridurne il volume ad un ottavo dell'iniziale, quindi rilasciata verso l'ambiente tramite un ugello isoentropico. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

15) Sono date le $T_{\min} = 40^{\circ}\text{C}$ e $T_{\max} = 550^{\circ}\text{C}$ 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. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

16) 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 13, i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a 85%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo 1300°C , determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

17) Una pompa di calore è usata per fornire 2 kW di potenza termica ad una stanza a 22°C mentre all'esterno si hanno 10°C . L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 8°C per scambiare calore, il condensatore di 32°C . L'efficienza è il 50% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Calcolare il COP della macchina reale ed i suoi scambi energetici. Disegnare uno o più schemi della macchina per spiegarne il funzionamento.

18) All'interno di un'automobile 0.1 kg/s di aria entra nell'unità raffreddante del condizionatore alla temperatura di 32°C con umidità relativa 60% e ne esce a 15°C e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa, (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

Es 11 Parete generazione interna, q ignota

	cm	m	ro kg/m3	1300	facce 1,2	2
Lunghezza m	120	1.200	Cp J/kgK	1600	L_caratt m	0.070
Larghezza m	240	2.400	lambda	0.6	q W/m3	6122
spessore cm	14	0.140		°C	K	Q'totale W
A 1 faccia m2	2.9		Tamb°C/K	15	288	Q' W/faccie
volume m3	0.4032		T superf	25	298	Flux W/m2
massa	524.16		T max	50	323	h

Es 12 Aletta, Re-Nu piana

Tfilm	50	50	w m/s	5	lambda_al	200	Tambiente	20
ro_aria	1.09		L_Re	0.040	perim m	0.086	Tbase	140
Cp	1007		Spessore	0.003	Area m2	0.00012	Tsicura	40
lambda	0.0280		Re	11855	ex m	12.72	Lsicura m	0.141
mu	1.85E-05		Nu	64.5	1/m [m]	0.078595	efficacia	56.3
Pr	0.711		h	45.2			Q'_base>fi	36.6

Es 13 irraggiamento

Base a	4.5							
Base b	4.5			Area	eps	T °C	K	
altezza c	2.8	F_BB	0.35	BaseSup	20.3	0.8	35	308
beta b/c	1.61			4 lati	50.4	0.8	15	288
gamma a/c	1.61	F_B-4lati	0.65	Base Inf	20.3	0.8	20	293

	A1	A2	eps1	eps2	T1	T2	F12	Q'
Q' sup-inf	20.3	20.3	0.8	0.8	308	293	0.35	557
Q' sup-lati	20.3	50.4	0.8	0.8	308	288	0.65	1288
Q' inf-lati	20.3	50.4	0.8	0.8	293	288	0.35	176

Es 14 Q, L

Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume	0.86867	0.86867	0.11	?
Cp	1003.41	P bar	1	1.726	31.72	1.00
Cv	716.72	T °C	30	250	929	174
m [kg]	1.0000	T K	303	523	1202	447
v	0.86867	w [m/s]	0	0	0	1230
V	0.86867	deltaU J		157679.3	486324.9	
		deltaH J	inutili	220751.0	680854.9	-756636
		Lin [J]		0.0	486324.9	0
x		Qin [J]		157679.3	0.0	0

Es 15 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)	182.6	"
Tmax °C	550	2re				182.6	
etaPpompa	1	5	550	15000	nd (>1)	3448.163	6.519763
etaTurb	1	6	40	7.384	0.774	2030.2	6.519763
		6re			0.774	2030.2	
		VapSat	40	7.384	1	2574.3	8.257

	ideale	reale
Qin	3265.57	3265.57
L_nu	1402.93	1402.93
eta1	43.0%	43.0%
etaC	62.0%	62.0%
eta2	69.3%	69.3%

Es 16 ciclo bryton K °C

T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	51.9%
P1=4 ass	1	T2id [K]	624	351	l'	314.3
P2=3 ass	13	deltaT12id	324.3		q'	895.0
etaC	85%	deltaT12re	382		eta1	35.1%
etaT	85%	T2re	682	409	etaC	80.9%
Tmax °C	1300	T3	1573	1300	eta2	43.4%
		T4id	756	483		
R kJ/kgK	286.7	deltaT34id	817.1			
Cp	1003.4	deltaT34re	695			
x		T4re	878	605		

Es 17 pompa calore

				K	°C	
COPid	6.29 Lin	636.1 T_stanza	22	Tsup	327	54
eta	50% Q'sup W	2000 T_esterno	10	Tinf	275	2
COPre	3.14 Q'inf W	1363.9 deltaT_ev	8	deltaT	52	
x		deltaT_con	32			

Es 18 aria umida condensa

punto	T °C	UR	Psat	Pvap	x	h
1	32	60%	4741.5	2844.92	0.0180	78.15
2	15	100%	1703.1	1703.07	0.0106	41.96
Q'	3.6	m'aria	0.1	delta	0.0073	36.2
x		m'cond	0.000734	si trascura h condensa		

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)

Non sono consentiti: libri, esercizi svolti

Lasciare un margine di alcuni cm sull'intestazione di OGNI foglio consegnato, in cui scrivere COGNOME + Nome + Matricola (stampatello, leggibile)

Consegnare: ☐ svolgimento (no brutte copie), ☐ formulario.

NON consegnare: ☐ testo, ☐ tabelle

Specificare:

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.

6 esercizi , tempo a disposizione 2h10 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

Es	n4	n5	n6	n7	n8	n9	Ordine	TOT
Punti	4	4	4	3	4	4	1	24 normalizzato a 32

24) Aria a condizioni ambiente viene scaldata a volume costante fino a 200°C, quindi compressa isoentropicamente fino a ridurne il volume ad un settimo dell'iniziale, quindi rilasciata verso l'ambiente tramite un ugello isoentropico. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

25) Sono date le $T_{\min} = 35^{\circ}\text{C}$ e $T_{\max} = 500^{\circ}\text{C}$ e la pressione massima 120 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. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

26) 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 80%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo 1200°C, determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

27) Una pompa di calore è usata per fornire 1.5 kW di potenza termica ad una stanza a 20°C mentre all'esterno si hanno 10°C. L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 8°C per scambiare calore, il condensatore di 32°C. L'efficienza è il 50% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Calcolare il COP della macchina reale ed i suoi scambi energetici. Disegnare uno o più schemi della macchina per spiegarne il funzionamento.

28) All'interno di un'automobile 0.15 kg/s di aria entra nell'unità raffreddante del condizionatore alla temperatura di 25°C con umidità relativa 70% e ne esce a 15°C e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

29) Determinare la pressione necessaria per pompare una portata di acqua di 20 litri/minuto dalla cantina al 10° piano in tubi aventi diametro 2 cm. Valutare se la presenza di 10 gomiti a 90° lungo il percorso possa cambiare di molto il risultato. (hp 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

Es 24		Q, L				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume	0.86867	0.86867	0.124 ?	
Cp	1003.41	P bar	1	1.561	23.80	1.00
Cv	716.72	T °C	30	200	757	143
m [kg]	1.0000	T K	303	473	1030	416
v	0.86867	w [m/s]	0	0	0	1110
V	0.86867	deltaU J		121843.1	399322.7	
		deltaH J	inutili	170580.3	559051.7	-615760
		Lin [J]		0.0	399322.7	0
		Qin [J]		121843.1	0.0	0

Es 25		Rankine					
			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	35	1=LiqSat	35	5.628	0	146.7	0.5053
Pmax bar	120	2	35	12000	nd (<0)	158.7	"
Tmax °C	500	2re				158.7	
etaPpompa	1	5	500	12000	nd (>1)	3347.65	6.48545
etaTurb	1	6	35	5.628	0.762	1989.7	6.48545
		6re			0.762	1989.7	
		VapSat	35	5.628	1	2565.3	8.3531

	ideale	reale
Qin	3188.95	3188.95
L_nu	1345.92	1345.92
eta1	42.2%	42.2%
etaC	60.2%	60.2%
eta2	70.2%	70.2%

x

Es 26		ciclo bryton		K		°C	
T1 °C	20		T1 [K]	300	27	eta id	50.8%
P1=4 ass	1		T2id [K]	610	337	l'	212.1
P2=3 ass	12		deltaT12id	310.2		q'	788.4
etaC	80%		deltaT12re	388		eta1	26.9%
etaT	80%		T2re	688	415	etaC	79.6%
Tmax °C	1200		T3	1473	1200	eta2	33.8%
			T4id	724	451		
R kJ/kgK	286.7		deltaT34id	748.8			
Cp	1003.4		deltaT34re	599			
x			T4re	874	601		

Es 27		pompa calore							
							K	°C	
COPid	6.50	Lin	461.5	T_stanza	20	Tsup	325	52	
eta	50%	Q'sup W	1500	T_esterno	10	Tinf	275	2	
COPre	3.25	Q'inf W	1038.5	deltaT_ev	8	deltaT	50		
				deltaT_con	32				

Es 28		aria umida condensa					
punto		T °C	UR	Psat	Pvap	x	h
1		25	70%	3160.7	2212.49	0.0139	60.49
2		15	100%	1703.1	1703.07	0.0106	41.96
Q'	2.8	m'aria	0.15	delta	0.0033	18.5	
		m'cond	0.000488	si trascura h condensa			

Es 29		Moody	
V' l/s	0.333333	rho	1000
D	0.02	mi	0.001

m'	0.333333 piani	10		deltaP Pa	deltaP Bar	metri	J/kg
A	0.000314 L metri	33	attrito	37189	0.4	3.79	37
w	1.061571 ro w2/2	563	altezza Z	323400	3.2	33	323
Re	21231.42 N	10	N gomiti	5635	0.1	0.57	5.635
f attrito	0.04		totale	366223	3.7	37.37	366

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)
Non sono consentiti: libri, esercizi svolti

Lasciare un margine di alcuni cm sull'intestazione di OGNI foglio consegnato, in cui scrivere COGNOME + Nome + Matricola (stampatello, leggibile)

Consegnare: ☐ svolgimento (no brutte copie), ☐ formulario.

NON consegnare: ☐ testo, ☐ tabelle

Specificare:

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.

6 esercizi , tempo a disposizione 2h10 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

Es	n4	n5	n6	n7	n8	n9	Ordine	TOT
Punti	4	4	4	3	4	4	1	24 normalizzato a 32

34) Aria a condizioni ambiente viene scaldata a volume costante fino a 300°C, quindi compressa isoentropicamente fino a ridurne il volume ad un sesto dell'iniziale, quindi rilasciata verso l'ambiente tramite un ugello isoentropico. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

35) Sono date le $T_{\min} = 45^{\circ}\text{C}$ e $T_{\max} = 600^{\circ}\text{C}$ e la pressione massima 180 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. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

36) 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 14, i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a 82%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo 1400°C, determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

37) Una pompa di calore è usata per fornire 2.5 kW di potenza termica ad una stanza a 22°C mentre all'esterno si hanno 10°C. L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 8°C per scambiare calore, il condensatore di 35°C. L'efficienza è il 55% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Calcolare il COP della macchina reale ed i suoi scambi energetici. Disegnare uno o più schemi della macchina per spiegarne il funzionamento.

38) All'interno di un'automobile 0.2 kg/s di aria entra nell'unità raffreddante del condizionatore alla temperatura di 30°C con umidità relativa 70% e ne esce a 15°C e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa. (ipotesi+spiegazioni 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

39) Determinare la pressione necessaria per pompare una portata di acqua di 40 litri/minuto dalla cantina al 14° piano in tubi aventi diametro 2 cm. Valutare se la presenza di 10 gomiti a 90° lungo il percorso possa cambiare di molto il risultato. (hp 1pt, grafico 1pt, calcoli 2pt)

Es 34		Q, L				
Mm	29		1	2	3	4
R	286.69	volume	0.86867	0.86867	0.145 ?	
Cp	1003.41	P bar	1	1.891	23.23	1.00
Cv	716.72	T °C	30	300	900	205
m [kg]	1.0000	T K	303	573	1173	478
v	0.86867	w [m/s]	0	0	0	1182
V	0.86867	deltaU J		193515.5	430261.2	
		deltaH J	inutili	270921.7	602365.7	-698059
		Lin [J]		0.0	430261.2	0
		Qin [J]		193515.5	0.0	0

Es 35		Rankine					
			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	45	1=LiqSat	45	9.593	0	188.5	0.6387
Pmax bar	180	2	45	18000	nd (<0)	206.5	"
Tmax °C	600	2re				206.5	
etaPpompa	1	5	600	18000	nd (>1)	3555.6	6.5696
etaTurb	1	6	45	9.593	0.788	2075.6	6.5696
		6re			0.788	2075.6	
		VapSat	45	9.593	1	2583.2	8.1648

	ideale	reale
Qin	3349.12	3349.12
L_nu	1461.95	1461.95
eta1	43.7%	43.7%
etaC	63.6%	63.6%
eta2	68.7%	68.7%

x

Es 36		ciclo bryton		K	°C
T1 °C	20		T1 [K]	300	27
P1=4 ass	1		T2id [K]	638	365
P2=3 ass	14		deltaT12id	337.7	
etaC	82%		deltaT12re	412	
etaT	82%		T2re	712	439
Tmax °C	1400		T3	1673	1400
			T4id	787	514
R kJ/kgK	286.7		deltaT34id	885.9	
Cp	1003.4		deltaT34re	726	
x			T4re	947	674

eta id	53.0%
l'	315.9
q'	965.1
eta1	32.7%
etaC	82.1%
eta2	39.9%

Es 37		pompa calore		K	°C
COPid	6.00	Lin	757.6	T_stanza	22
eta	55%	Q'sup W	2500	T_esterno	10
COPre	3.30	Q'inf W	1742.4	deltaT_ev	8
			deltaT_con	35	
				Tsup	330
				Tinf	275
				deltaT	55

Es 38		aria umida condensa					
punto		T °C	UR	Psat	Pvap	x	h
1		30	70%	4231.9	2962.32	0.0187	78.03
2		15	100%	1703.1	1703.07	0.0106	41.96
Q'	7.2	m'aria	0.2	delta	0.0081	36.1	
		m'cond	0.00162	si trascura h condensa			

Es 39		Moody	
V' l/s	0.666667	rho	1000
D	0.02	mi	0.001

m'	0.666667 piani	14		deltaP Pa	deltaP Bar	metri	J/kg
A	0.000314 L metri	45	attrito	202848	2.0	20.70	203
w	2.123142 ro w2/2	2254	altezza Z	441000	4.4	45	441
Re	42462.85 N	10	N gomiti	22539	0.2	2.30	22.539
f attrito	0.04		totale	666387	6.7	68.00	666