

Cognome _____ Nome _____ Matr _____
(STAMPATELLO)

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 5 Nov 2019, aula _____, ore 8.00

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

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.

Prima prova 4 esercizi , tempo a disposizione 2 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

Es	1	2	3	4	Ordine	formulario	Totale
Punti	6	6	9	9	1	1	32
Voto							

1) Un tubo in alluminio ha diametro interno 21 mm e spessore 1 mm. Trasporta acqua calda a 60°C, con coefficiente di convezione interno $h_{int}=100 \text{ W/m}^2\text{K}$. E' rivestito con 2 cm di schiuma poliuretana ($\rho=100 \text{ kg/m}^3$, $c_p=1800 \text{ J/kg.K}$, $\lambda=0.3 \text{ W/m.K}$), e all'esterno è investito dall'aria ambiente con coefficiente convettivo $h_{est}=8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Disegnare il profilo delle temperature con i valori necessari.

Problema stazionario

Conduzione attraverso parete cilindrica

E' lecito ipotizzare la resistenza dell'alluminio trascurabile

2) Un blocco di vetro di dimensioni 200x200x10 cm a temperatura ambiente è messa in un forno alla temperatura di 400°C, con coefficiente di convezione $h=20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determinare dopo quanto tempo la temperatura al centro ha raggiunto i 110°C, e qual è in quel momento la temperatura alla superficie

Problema instazionario del tipo parete spessa, $T=T(x,t)$

3) Una lastra di rame di forma rettangolare (mm 500x1000 spessore 6mm) dopo un trattamento di ricottura a $T=300^\circ\text{C}$ è raffreddata da un flusso d'aria a 8 m/s.

Determinare dopo quanto tempo può essere maneggiata

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

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

$$Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, Re > 5 \cdot 10^5)$$

$$Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, Re >> 5 \cdot 10^5)$$

Problema instazionario del tipo a capacità concentrate, $Bi \ll 1$, $T=T(t)$

4) In un tubo di rame (diametro esterno 21 mm, spessore 1 mm) scorre una portata di 2 litri al minuto di acqua calda a 60°C, con coefficiente di convezione interno molto elevato. Il tubo è esposto all'aria ambiente con velocità 3 m/s Determinare a quale lunghezza del tubo la temperatura dell'acqua si è abbassata di 10°C.

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

Regime stazionario

Scambiatore di calore, risolvibile in due modi

1) metodo del delta T medio logaritmico, l'ipotesi più semplice è considerare la portata d'aria sufficientemente grande da non variare di temperature

2) come efficienza-NTU

Esercizio 1 tubo isolato

		h int	100	Res_i	deltaT_i	60	T_int
Dint	21	r1	0.0105	Res h int	0.15165	5.75	54.25
Sp tubo	1	r2	0.0115	200	0.00007	0.00	54.25
Sp Isolante	2	r3	0.0315	0.3	0.53484	20.28	33.96
		h est	8.0	Res h est	0.63189	23.96	10.00
				R tot	1.31845		10
X				Q' W	37.92		

Esercizio 2 Re-Nu piana, Bi>0.1, lastra si scalda

spessore, e	10	lambda vet	1.4	Bi	0.714			
T_iniz	30	ro vetro	2500	lambda1	0.756371			
T_finale	110	Cp	750	A1	1.093286	sup	Fo	0.6
T_amb	400	alfa	7.47E-07	T_finale	110	189.1	tempo s	1948
h	20.0	facce	2	teta	0.784	0.570	tempo min	32
X		Lc per Bi	0.05				tempo h	0.54

Esercizio 3 Bi<<1, Re-Nu piana, lastra si raffredda

Tfilm °C,K	97.5	370.5	w m/s	8	lambda_Ct	400	Biot	0.000165
ro_aria	0.95393		L_Re m	1	ro-Cu	8600	Tau	1871.20
lambda	0.031558		Re	351389	Cp_Cu	400	T_iniz	300
mu	2.17E-05		Nu	349.5	Sp mm	0.006	T_infinito	30
Pr	0.7		h	11.03	facce	1	T_ok	40
X					L_biot	0.0060	t_ok s,min	6167, 102

Esercizio 4 scambiatori NTU, Re-Nu Cilindro esterno

Dint mm	21	Tfilm °C,K	37.5	310.5	C_p_H2O	4200
Sp mm	1.5	ro_aria	1.138264		Q'h20	700.0
Dest m	0.024	lambda	0.031558		deltaTml	34.8
V' l/min	1	mu	2.17E-05		A m2	0.544
m' kg/s	0.016667	Pr	0.7		L	7.2
Tin	60				eff	0.25
deltaT	-10	L_Re m	0.024		NTU	0.288
Tout	50	Re	3774		Perimetro	0.07536
Tamb	20	Nu	28.2		m'cp/hp	25.1
w_aria m/s	3	h	37.0		L	7.2

Esercizio 1 tubo isolato

		h int	100	Res_i	deltaT_i	65	T_int
Dint	22	r1	0.011	Res h int	0.14476	7.10	57.90
Sp tubo	2	r2	0.013	200	0.00013	0.01	57.90
Sp Isolante	2	r3	0.033	0.3	0.49446	24.24	33.66
		h est	10.0	Res h est	0.48253	23.66	10.00
				R tot	1.12188		10 T_aria
X				Q' W	49.02		

Esercizio 2 Re-Nu piana, Bi>0.1, lastra si scalda

spessore, e	12	lambda vet	1.4	Bi	0.857		
T_iniz	30	ro vetro	2500	lambda1	0.8118		
T_finale	120	Cp	750	A1	1.1068	sup	Fo 0.6
T_amb	400	alfa	7.47E-07	T_finale	120	207.3	tempo s 2781
h	20.0	facce	2	teta	0.757	0.521	tempo min 46
X		Lc per Bi	0.06				tempo h 0.77

Esercizio 3 Bi<<1, Re-Nu piana, lastra si raffredda

Tfilm °C,K	102.5	375.5	w m/s	10	lambda_Ct	400	Biot	0.000216
ro_aria	0.941228		L_Re m	1	ro-Cu	8600	Tau	1952.11
lambda	0.031938		Re	429061	Cp_Cu	400	T_iniz	320
mu	2.19E-05		Nu	386.2	Sp mm	0.007	T_infinito	30
Pr	0.7		h	12.34	facce	1	T_ok	40
X					L_biot	0.0070	t_ok s,min	6573, 109

Esercizio 4 scambiatori NTU, Re-Nu Cilindro esterno

Dint mm	22	Tfilm °C,K	40	313.0	C_p_H2O	4200
Sp mm	1.5	ro_aria	1.129172		Q'h20	1400.0
Dest m	0.025	lambda	0.031938		deltaTml	39.8
V' l/min	2	mu	2.19E-05		A m2	0.968
m' kg/s	0.033333	Pr	0.7		L	12.3
Tin	65				eff	0.222222
deltaT	-10	L_Re m	0.025		NTU	0.251
Tout	55	Re	3861		Perimetro	0.0785
Tamb	20	Nu	28.5		m'cp/hp	49.1
w_aria m/s	3	h	36.4		L	12.3

Esercizio 1 tubo isolato

		h int	100	Res_i	deltaT_i	70	T_int
Dint	23	r1	0.0115	Res h int	0.13847	8.45	61.55
Sp tubo	3	r2	0.0145	200	0.00018	0.01	61.54
Sp Isolante	2	r3	0.0345	0.3	0.46009	28.07	33.47
		h est	12.0	Res h est	0.38463	23.47	10.00
				R tot	0.98337		10 T_aria
X				Q' W	61.01		

Esercizio 2 Re-Nu piana, Bi>0.1, lastra si scalda

spessore, e	14	lambda vet	1.4	Bi	1.000			
T_iniz	30	ro vetro	2500	lambda1	0.8603			
T_finale	130	Cp	750	A1	1.1191	sup	Fo	0.6
T_amb	400	alfa	7.47E-07	T_finale	130	223.9	tempo s	3792
h	20.0	facce	2	teta	0.730	0.476	tempo min	63
X		Lc per Bi	0.07				tempo h	1.05

Esercizio 3 Bi<<1, Re-Nu piana, lastra si raffredda

Tfilm °C,K	107.5	380.5	w m/s	12	lambda_Ct	400	Biot	0.000273
ro_aria	0.928859		L_Re m	1	ro-Cu	8600	Tau	2012.62
lambda	0.032318		Re	503085	Cp_Cu	400	T_iniz	340
mu	2.22E-05		Nu	423.1	Sp mm	0.008	T_infinito	30
Pr	0.7		h	13.67	facce	1	T_ok	40
X					L_biot	0.0080	t_ok s,min	6911, 115

Esercizio 4 scambiatori NTU, Re-Nu Cilindro esterno

Dint mm	23	Tfilm °C,K	42.5	315.5	C_p_H2O	4200
Sp mm	1.5	ro_aria	1.120225		Q'h20	2100.0
Dest m	0.026	lambda	0.032318		deltaTml	44.8
V' l/min	3	mu	2.22E-05		A m2	1.312
m' kg/s	0.05	Pr	0.7		L	16.1
Tin	70				eff	0.2
deltaT	-10	L_Re m	0.026		NTU	0.223
Tout	60	Re	3944		Perimetro	0.08164
Tamb	20	Nu	28.7		m'cp/hp	72.0
w_aria m/s	3	h	35.7		L	16.1

Esercizio 1 tubo isolato

		h int	100	Res_i	deltaT_i	75	T_int
Dint	24	r1	0.012	Res h int	0.13270	9.81	65.19
Sp tubo	4	r2	0.016	200	0.00023	0.02	65.17
Sp Isolante	2	r3	0.036	0.3	0.43043	31.82	33.36
		h est	14.0	Res h est	0.31594	23.36	10.00
				R tot	0.87930		10 T_aria
X				Q' W	73.92		

Esercizio 2 Re-Nu piana, Bi>0.1, lastra si scalda

spessore, e	16	lambda vetro	1.4	Bi	1.143			
T_iniz	30	ro vetro	2500	lambda1	0.8911			
T_finale	140	Cp	750	A1	1.127729	sup	Fo	0.6
T_amb	400	alfa	7.47E-07	T_finale	140	236.6	tempo s	5106
h	20.0	facce	2	teta	0.703	0.442	tempo min	85
X		Lc per Bi	0.08				tempo h	1.42

Esercizio 3 Bi<<1, Re-Nu piana, lastra si raffredda

Tfilm °C,K	112.5	385.5	w m/s	14	lambda_Ct	400	Biot	0.000409
ro_aria	0.916812		L_Re m	1	ro-Cu	8600	Tau	1704.25
lambda	0.032698		Re	573650	Cp_Cu	400	T_iniz	360
mu	2.24E-05		Nu	555.6	Sp mm	0.009	T_infinito	30
Pr	0.7		h	18.17	facce	1	T_ok	40
X					L_biot	0.0090	t_ok s,min	5958, 99

Esercizio 4 scambiatori NTU, Re-Nu Cilindro esterno

Dint mm	24	Tfilm °C,K	45	318.0	C_p_H2O	4200
Sp mm	1.5	ro_aria	1.111418		Q'h20	2800.0
Dest m	0.027	lambda	0.032698		deltaTml	49.8
V' l/min	4	mu	2.24E-05		A m2	1.603
m' kg/s	0.066667	Pr	0.7		L	18.9
Tin	75				eff	0.181818
deltaT	-10	L_Re m	0.027		NTU	0.201
Tout	65	Re	4023		Perimetro	0.08478
Tamb	20	Nu	28.9		m'cp/hp	94.2
w_aria m/s	3	h	35.1		L	18.9

Esercizio 1 tubo isolato

		h int	100	Res_i	deltaT_i	80	T_int
Dint	25	r1	0.0125	Res h int	0.12739	11.18	68.82
Sp tubo	5	r2	0.0175	200	0.00027	0.02	68.80
Sp Isolante	2	r3	0.0375	0.3	0.40453	35.50	33.29
		h est	16.0	Res h est	0.26539	23.29	10.00
				R tot	0.79758		10 T_aria
X				Q' W	87.77		

Esercizio 2 Re-Nu piana, Bi>0.1, lastra si scalda

spessore, e	18	lambda vetro	1.4	Bi	1.286			
T_iniz	30	ro vetro	2500	lambda1	0.9219			
T_finale	150	Cp	750	A1	1.136357	sup	Fo	0.6
T_amb	400	alfa	7.47E-07	T_finale	150	248.9	tempo s	6636
h	20.0	facce	2	teta	0.676	0.408	tempo min	111
X		Lc per Bi	0.09				tempo h	1.84

Esercizio 3 Bi<<1, Re-Nu piana, lastra si raffredda

Tfilm °C,K	117.5	390.5	w m/s	16	lambda_Ct	400	Biot	0.000561
ro_aria	0.905073		L_Re m	1	ro-Cu	8600	Tau	1531.87
lambda	0.033078		Re	640933	Cp_Cu	400	T_iniz	380
mu	2.26E-05		Nu	678.9	Sp mm	0.01	T_infinito	30
Pr	0.7		h	22.46	facce	1	T_ok	40
X					L_biot	0.0100	t_ok s,min	5446, 90

Esercizio 4 scambiatori NTU, Re-Nu Cilindro esterno

Dint mm	25	Tfilm °C,K	47.5	320.5	C_p_H2O	4200
Sp mm	1.5	ro_aria	1.102749		Q'h20	3500.0
Dest m	0.028	lambda	0.033078		deltaTml	54.8
V' l/min	5	mu	2.26E-05		A m2	1.844
m' kg/s	0.083333	Pr	0.7		L	21.0
Tin	80				eff	0.166667
deltaT	-10	L_Re m	0.028		NTU	0.182
Tout	70	Re	4100		Perimetro	0.08792
Tamb	20	Nu	29.3		m'cp/hp	115.1
w_aria m/s	3	h	34.6		L	21.0