

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

Prof. L. Araneo. Fisica Tecnica e Macchine 8 Cr. Prova del 5 Nov 2018, aula \_\_\_\_\_, ore 15.00

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.

Prima prova 4 esercizi , tempo a disposizione 3 ore (sono indicati i punteggi indicativi)

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

TESTO DI ESEMPIO con traccia soluzione

1) Un tubo in acciaio con sezione rettangolare (misure esterno mm 20 x 10, spessore parete 1 mm ) è mantenuto ad una estremità alla temperatura di 200° C. Determinare quanto debba essere lungo affinché l'altra estremità si trovi a temperatura simile a quella ambiente, la potenza termica dissipata in tale caso. Coefficiente convettivo: 10 W/m<sup>2</sup>/°C.

La barra si comporta come un'aletta, in regime stazionario, incognita T(x), la sezione è quella raffigurata in figura, la convezione avviene normalmente sul perimetro esterno, poiché quello interno è chiuso ed è difficile spiegare un movimento di aria all'interno. La lunghezza "infinita" si ha quando è almeno 3/m oppure 5/m, la potenza dissipata può essere calcolata come quella della sola sezione a temperatura di base, moltiplicata per l'efficacia dell'aletta infinita



2) Una parete di cemento è alta 3 m, lunga 2 m e spessa 10 cm, al suo interno si sviluppa energia termica per 2.5 W/kg. La superficie della parete è raffreddata dal vento con velocità di 10 km/h. Disegnare il profilo delle temperature raggiunto a regime con i valori fondamentali.

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

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

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

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

Il problema richiede la soluzione stazionaria del tipo T(x) in parete con generazione interna di calore. Nel calcolo del coefficiente convettivo la L<sub>Re</sub> da utilizzare è lo sviluppo in orizzontale della parete. La T<sub>film</sub> va ipotizzata, risulteranno numeri di Re tali da usare la correlazione laminare o di transizione. Per i calcoli della T(x), la lunghezza L da utilizzare nei calcoli è lo spessore o il semispessore a seconda che si sia ipotizzata esposizione su una o due facce. Occorre calcolare T(x=L) e poi T(x=0), e verificare che la T<sub>film</sub> non sia troppo diversa dall'ipotesi fatta. Il grafico T(x) è una parabola con concavità verso il basso, e asse di simmetria in corrispondenza della superficie adiabatica ipotizzata (una faccia, o il piano di simmetria)

3) Una lastra di materiale ceramico di dimensioni 22x44x6 cm esce da un forno alla temperatura omogenea di 600°C, e viene esposta in un ambiente dove il coefficiente convettivo risulta 30 W/m<sup>2</sup>K. Determinare dopo quanto tempo può essere maneggiata, disegnare il profilo di temperatura raggiunto. Il problema è di tipo instazionario con T=T(x,t). Si verificato che Bi>0.1, dove L<sub>Bi</sub> è lo spessore o il semispessore a seconda che si sia ipotizzata esposizione su una o due facce; anche L=V/A è accettabile ma meno preciso. Occorre imporre la T(x=L), ipotizzare Fo>0.2 per poter applicare l'ipotesi di parete spessa, verificare quindi Fo e poi calcolare T(x=0).

4) Una barra di acciaio avente diametro  $D = 6$  cm esce da un trattamento metallurgico alla temperatura di  $400^{\circ}\text{C}$ , e viene esposta all'aria ambiente avente velocità di  $12$  m/s. Determinare per quanto tempo è pericoloso maneggiarla.

Il problema è di tipo instazionario, con  $T(t)$  poiché si verifica facilmente che  $Bi \ll 1$ , usando come  $L_{Bi} = V/A = D/4$ . I paramtri del'aria per il calcolo di  $h$  vanno presi a  $T_{\text{film}}$  pari alla media sia spaziale sia temporale.

Correlazioni suggerite per  $Re-Nu$  attorno a corpi cilindri:

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

FTM 5 novembre 201: DATI

azzurro=dati comuni

blu=dati diversi

verde=ipotesi

**Esercizio 1** aletta profilo T(x), sezione cava

Lato1 mm	20	m	0.02	<b>coeff m</b>	<b>13.36</b>		
Lato2 mm	10	m	0.01	1/m (metri)	0.075	Tamb °C	20
Spessore r	1	m	0.001	L_inf= 3/m	<b>0.22</b>	efficacia	80.2
h W/m2K	10	lambda_ac	60	L_inf= 5/m	<b>0.37</b>	Q'base sol	0.101
Tbase °C	200	<b>Area m2</b>	<b>0.00006</b>	T_estrem	22	<b>Q'barra in</b>	<b>8.1</b>
		<b>perim m</b>	<b>0.060</b>	L@Testrer	<b>0.34</b>		x

**Esercizio 2** Re-Nu piana, parete con generazione interna

Lunghezza	2	L Re-Nu	2	Pr	0.701		
altezza	3	T_film °C	30 (83.5)	Re	<b>351041</b>		
spess. cm	10	lambda_ar	0.026522	Re>500k?			
w_aria km/h	10	mi_aria	0.000018	Nu	339.2		
w_aria m/s	2.78	Ro_aria	1.166	h	<b>4.5</b>		
ro kg/m3	2300	A 1faccia r	6.0	facce 1o2	1	deltaT h	127.8
(Cp J/kgK)	1100	spessore	0.100	L_caratt	0.100	deltaT q'	<b>20.5</b>
lambda	1.4	volume m3	0.6	<b>Q'totale W</b>	<b>3450</b>	Tamb°C/K	20
q W/kg	2.5	massa	0.432	Q' W/facci	3450	T superf	147.8
<b>q W/m3</b>	<b>5750</b>			Fi W/m2	575	T max	168.4
							441.4

**Esercizio 3** Re-Nu piana+Parete spessa, Bi>0.1, Fo>0.2, piastrelle si raffreddano

Lato1 cm	22	<b>facce</b>	<b>2</b>	T_iniz	600	h	30.0
lato2 cm	44	V/Atot?		T_finale	40		
spessore, cm	6	Lc per Bi	0.03	T_amb	20		
lambda cel	0.72	<b>Bi</b>	<b>1.250</b>	teta sup	<b>0.034</b>	Fo	<b>3.6</b>
ro ceramic	2000	lambda1	0.9142	teta centro	0.05649	<b>tempo s</b>	<b>5384</b>
Cp	600	A1	1.1342	Tcentro	52.8	tempo min	90
alfa	6E-07	cos lambda:	0.610424			tempo h	1.50

**Esercizio 4** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	400	Tfilm°C	120	120	lambda ac	60	
Tamb	20	lambda	0.033268	Pr	0.701	ro acc	7850
Tfinale	40	mu	2.08E-05	Re	<b>31100</b>	Cp acc	434
w m/s	12	ro_aria	0.899315	Nu	102.5	<b>Biot</b>	<b>0.014208</b>
D cm	6	Cp	1007	h	<b>56.83</b>	tau	899
L_Re	0.060					t_finale s	2648
x						t min	44.1

FTM 5 novembre 201: DATI

azzurro=dati comuni

blu=dati diversi

verde=ipotesi

**Esercizio 1** aletta profilo T(x), sezione cava

Lato1 mm	20	m	0.02	coeff m	9.70		
Lato2 mm	15	m	0.015	1/m (metri)	0.103	Tamb °C	20
Spessore r	2	m	0.002	L_inf= 3/m	0.31	efficacia	58.2
h W/m2K	10	lambda_ac	60	L_inf= 5/m	0.52	Q'base sol	0.248
Tbase °C	220	Area m2	0.00012	T_estrem	22	Q'barra in	14.4
		perim m	0.070	L@Testrer	0.47		x

**Esercizio 2** Re-Nu piana, parete con generazione interna

Lunghezza	2.5	L Re-Nu	2.5	Pr	0.701		
altezza	3	T_film °C	30 (32.5)	Re	526561		
spess. cm	12	lambda_ar	0.026522	Re>500k?	x		
w_aria km	12	mi_aria	0.000018	Nu	1242.3		
w_aria m/s	3.33	Ro_aria	1.166	h	13.2		
ro kg/m3	2200	A 1faccia r	7.5	facce 1o2	2	deltaT h	25.0
(Cp J/kgK)	880	spessore	0.120	L_caratt	0.060	deltaT q'	14.1
lambda	0.7	volume m3	0.9	Q'totale W	4950	Tamb°C/K	20
q W/kg	2.5	massa	0.648	Q' W/facci	2475	T superf	45.0
q W/m3	5500			Fi W/m2	330	T max	59.2
							318.0
							332.2

**Esercizio 3** Re-Nu piana+Parete spessa, Bi>0.1, Fo>0.2, piastrelle si raffreddano

Lato1 cm	24	facce	2	T_iniz	600	h	30.0
lato2 cm	48	V/Atot?		T_finale	40		
spessore, c	7	Lc per Bi	0.035	T_amb	30		
lambda cel	0.72	Bi	1.458	teta sup	0.018	Fo	3.9
ro ceramic	2200	lambda1	0.959117	teta centro	0.030551	tempo s	11801
Cp	800	A1	1.146783	Tcentro	47.4	tempo min	197
alfa	4.09E-07	cos lambda:	0.574243			tempo h	3.28

**Esercizio 4** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	450	Tfilm°C	132.5	132.5	lambda ac	60	
Tamb	20	lambda	0.034185	Pr	0.701	ro acc	7850
Tfinale	40	mu	2.3E-05	Re	37121	Cp acc	434
w m/s	14	ro_aria	0.871593	Nu	114.3	Biot	0.016287
D cm	7	Cp	1007	h	55.84	tau	1068
L_Re	0.070					t_finale s	3276
x						t min	54.6

FTM 5 novembre 201: DATI

azzurro=dati comuni

blu=dati diversi

verde=ipotesi

**Esercizio 1** aletta profilo T(x), sezione cava

Lato1 mm	20	m	0.02	<b>coeff m</b>	<b>7.95</b>		
Lato2 mm	30	m	0.03	1/m (metri)	0.126	Tamb °C	20
Spessore r	3	m	0.003	L_inf= 3/m	<b>0.38</b>	efficacia	47.7
h W/m2K	10	lambda_ac	60	L_inf= 5/m	<b>0.63</b>	Q'base sol	0.581
Tbase °C	240	<b>Area m2</b>	<b>0.00026</b>	T_estrem	22	<b>Q'barra in</b>	<b>27.7</b>
		<b>perim m</b>	<b>0.100</b>	L@Testrer	<b>0.59</b>		x

**Esercizio 2** Re-Nu piana, parete con generazione interna

Lunghezza	4	L Re-Nu	4	Pr	0.701		
altezza	3	<b>T_film °C</b>	<b>30</b> (34.5)	<b>Re</b>	<b>982915</b>		
spess. cm	14	lambda_ar	0.026522	Re>500k?	x		
w_aria km	14	mi_aria	0.000018	Nu	2046.9		
w_aria m/s	3.89	Ro_aria	1.166	<b>h</b>	<b>13.6</b>		
	2						
ro kg/m3	2300	A 1faccia r	12.0	facce 1o2	2	deltaT h	29.7
(Cp J/kgK)	840	spessore	0.140	L_caratt	0.070	deltaT q'	<b>10.1</b>
lambda	1.4	volume m³	1.68	<b>Q'totale W</b>	<b>9660</b>	Tamb°C/K	20
q W/kg	2.5	massa	2.016	Q' W/facci	4830	T superf	49.7
<b>q W/m3</b>	<b>5750</b>			Fi W/m2	402.5	T max	59.7
							322.7
							332.7

**Esercizio 3** Re-Nu piana+Parete spessa, Bi>0.1, Fo>0.2, piastrelle si raffreddano

Lato1 cm	26	<b>facce</b>	<b>1</b>	T_iniz	600	h	30.0
lato2 cm	52	V/Atot?		T_finale	40		
spessore, c	8	Lc per Bi	0.08	T_amb	20		
	2						
lambda cer	1.2	<b>Bi</b>	<b>2.000</b>	teta sup	<b>0.034</b>	Fo	<b>2.4</b>
ro ceramic	2500	lambda1	1.0759	0.475 teta centro	0.072604	<b>tempo s</b>	<b>24084</b>
Cp	750	A1	1.1795	Tcentro	62.1	tempo min	401
alfa	6.4E-07	cos lambda:	0.47494			tempo h	6.69

**Esercizio 4** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	500	Tfilm°C	145	145	lambda ac	60	
Tamb	20	lambda	0.03506	Pr	0.701	ro acc	7850
Tfinale	40	mu	2.3E-05	Re	<b>47035</b>	Cp acc	434
w m/s	16	ro_aria	0.845529	Nu	132.4	<b>Biot</b>	<b>0.019335</b>
D cm	8	Cp	1007	h	<b>58.00</b>	tau	1175
L_Re	0.080					t_finale s	3733
x						t min	62.2

FTM 5 novembre 201: DATI

azzurro=dati comuni

blu=dati diversi

verde=ipotesi

**Esercizio 1** aletta profilo T(x), sezione cava

Lato1 mm	20	m	0.02	coeff m	6.93		
Lato2 mm	40	m	0.04	1/m (metri)	0.144	Tamb °C	20
Spessore r	4	m	0.004	L_inf= 3/m	0.43	efficacia	41.6
h W/m2K	10	lambda_ac	60	L_inf= 5/m	0.72	Q'base sol	0.998
Tbase °C	260	Area m2	0.00042	T_estrem	22	Q'barra in	41.5
		perim m	0.120	L@Testrer	0.69		x

**Esercizio 2** Re-Nu piana, parete con generazione interna

Lunghezza	5	L Re-Nu	5	Pr	0.701		
altezza	3	T_film °C	30 (70)	Re	1404164		
spess. cm	16	lambda_ar	0.026522	Re>500k?			
w_aria km	16	mi_aria	0.000018	Nu	1948.5		
w_aria m/s	4.44	Ro_aria	1.166	h	10.3		
	3						
ro kg/m3	2600	A 1faccia r	15.0	facce 1o2	1	deltaT h	100.6
(Cp J/kgK)	800	spessore	0.160	L_caratt	0.160	deltaT q'	20.8
lambda	4	volume m3	2.4	Q'totale W	15600	Tamb°C/K	20
q W/kg	2.5	massa	1.728	Q' W/facci	15600	T superf	120.6
q W/m3	6500			Fi W/m2	1040	T max	141.4
							414.4

**Esercizio 3** Re-Nu piana+Parete spessa, Bi>0.1, Fo>0.2, piastrelle si raffreddano

Lato1 cm	28	facce	2	T_iniz	600	h	30.0
lato2 cm	56	V/Atot?		T_finale	40		
spessore, c	9	Lc per Bi	0.045	T_amb	20		
	1						
lambda cer	0.72	Bi	1.875	teta sup	0.034	Fo	2.6
ro ceramic	1400	lambda1	1.04895	teta centro	0.069176	tempo s	9114
Cp	900	A1	1.17195	Tcentro	60.1	tempo min	152
alfa	5.71E-07	cos lambda:	0.498482			tempo h	2.53

**Esercizio 4** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	550	Tfilm°C	157.5	157.5	lambda ac	60	
Tamb	20	lambda	0.035935	Pr	0.701	ro acc	7850
Tfinale	40	mu	2.3E-05	Re	57800	Cp acc	434
w m/s	18	ro_aria	0.820978	Nu	150.3	Biot	0.022509
D cm	9	Cp	1007	h	60.02	tau	1277
L_Re	0.090					t_finale s	4185
x						t min	69.8

FTM 5 novembre 201: DATI

azzurro=dati comuni

blu=dati diversi

verde=ipotesi

**Esercizio 1** aletta profilo T(x), sezione cava

Lato1 mm	20	m	0.02	<b>coeff m</b>	<b>6.24</b>		
Lato2 mm	50	m	0.05	1/m (metri)	0.160	Tamb °C	20
Spessore r	5	m	0.005	L_inf= 3/m	<b>0.48</b>	efficacia	37.4
h W/m2K	10	lambda_ac	60	L_inf= 5/m	<b>0.80</b>	Q'base sol	1.560
Tbase °C	280	<b>Area m2</b>	<b>0.00060</b>	T_estrem	22	<b>Q'barra in</b>	<b>58.4</b>
		<b>perim m</b>	<b>0.140</b>	L@Testrer	<b>0.78</b>		x

**Esercizio 2** Re-Nu piana, parete con generazione interna

Lunghezza	6	L Re-Nu	6	Pr	0.701		
altezza	3	<b>T_film °C</b>	<b>30</b> (36.5)	<b>Re</b>	<b>1895621</b>		
spess. cm	18	lambda_ar	0.026522	Re>500k?	x		
w_aria km	18	mi_aria	0.000018	Nu	3461.7		
w_aria m/s	5.00	Ro_aria	1.166	<b>h</b>	<b>15.3</b>		
	2						
ro kg/m3	2300	A 1faccia r	18.0	facce 1o2	2	deltaT h	33.8
(Cp J/kgK)	1100	spessore	0.180	L_caratt	0.090	deltaT q'	<b>16.6</b>
lambda	1.4	volume m3	3.24	<b>Q'totale W</b>	<b>18630</b>	Tamb°C/K	20
q W/kg	2.5	massa	2.3328	Q' W/facci	9315	T superf	53.8
<b>q W/m3</b>	<b>5750</b>			Fi W/m2	517.5	T max	70.5
							343.5

**Esercizio 3** Re-Nu piana+Parete spessa, Bi>0.1, Fo>0.2, piastrelle si raffreddano

Lato1 cm	30	<b>facce</b>	<b>2</b>	T_iniz	600	h	30.0
lato2 cm	60	V/Atot?		T_finale	40		
spessore, c	10	Lc per Bi	0.05	T_amb	20		
	1						
lambda cer	0.72	<b>Bi</b>	<b>2.083</b>	teta sup	<b>0.034</b>	Fo	<b>2.4</b>
ro ceramic	2000	lambda1	1.085617	teta centro	0.073939	<b>tempo s</b>	<b>13066</b>
Cp	800	A1	1.182058	Tcentro	62.9	tempo min	218
alfa	4.5E-07	cos lambda:	0.466367			tempo h	3.63

**Esercizio 4** Bi<<1, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	600	Tfilm°C	170	170	lambda ac	60	
Tamb	20	lambda	0.03681	Pr	0.701	ro acc	7850
Tfinale	40	mu	2.3E-05	Re	<b>69345</b>	Cp acc	434
w m/s	20	ro_aria	0.797813	Nu	168.2	<b>Biot</b>	<b>0.025804</b>
D cm	10	Cp	1007	h	<b>61.93</b>	tau	1375
L_Re	0.100					t_finale s	4631
x						t min	77.2