

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Tambahan  
Sidang Akademik 1993/94

Jun 1994

EMK 401 - Pemindahan Haba & Jisim

Masa : [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA** muka surat dan **TUJUH** soalan serta **DUA** lampiran yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA** soalan sahaja.

Semua soalan **MESTILAH** dijawab dalam bahasa Melayu.

Termasuk lampiran-lampiran:

1. "Table of properties of liquid metals"
2. "Table of properties of air at atmospheric pressure" dan "Table of properties of water"

...2/-

1. [a] Bermula dari Hukum Fourier (Fourier Law) dan Hukum Pendinginan Newton (Newton Law of Cooling), hasilkan ungkapan untuk pemindahan haba dari permukaan luaran sebuah tiub bulat yang panjangnya  $L$  meter. Garispusat dalaman tiub ialah  $d_i$  dan garispusat luaran pula ialah  $d_o$ .
- (40 markah)
- [b] Satu batang silinder bergarispusat  $b = 5$  sm dan keberkondukan haba (thermal conductivity)  $k = 20$  W/m°C mengandungi bahan radioaktif yang menjanakan tenaga dengan seragam di dalam silinder dengan kadar pemalar (constant rate)  $y_o = 2 \times 10^5$  W/m<sup>3</sup>. Batang silinder itu didinginkan melalui olakan (convection) dari permukaannya kepada udara ambien (ambient air) pada 20°C dengan pekali pemindahan haba  $h_a = 50$  W/m<sup>2</sup>°C. Tentukan suhu pada pusat dan juga pada permukaan luaran batang silinder tersebut.
- (60 markah)
2. [a] Terangkan kepentingan fizikal (physical significance) bagi sebutan nombor Nusselt
- (15 markah)
- [b] Terangkan makna "lapisan sempadan terma" (Thermal Boundary Layer) dan bincangkan faktor-faktor keterbergantungan ketebalannya.
- (15 markah)
- [c] Tuliskan persamaan 3D bagi perpindahan haba olakan paksa dan terangkan kegunaan untuk setiap satunya.
- (10 markah)
- [d] Udara atmospheria pada  $T_a = 40^\circ\text{C}$  dengan kelajuan aliran bebas (free stream velocity) bersamaan 8 m/s, mengalir pada plat rata yang panjangnya ( $L$ ) 3m, yang suhunya diseragamkan pada 100°C. Hitung purata pekali pemindahan haba (average heat transfer coefficient) bagi keseluruhan panjang plat tersebut dan juga jumlah keseluruhan kadar pemindahan haba dari plat jika lebar plat bersamaan 1 m.
- Anggaplah alihan berlaku pada  $Re_c = 2 \times 10^5$   
 Untuk aliran gelora (turbulent flow) pada plat pula ialah
- $$N_{um} = 0.036 k Pr^{0.435} (R_{eL}^{0.8} - 9200)$$
- di mana  $N_{um}$  ialah purata nombor Nusselt pada kepanjangan  $L$
- (60 markah)

3. [a] Berdasarkan pada analisis dimensi, buktikan bahawa
- [i] Nombor Nusselt adalah fungsi kepada nombor Reynold dan nombor Prandtl.  
(30 markah)
- [ii] Nombor Stanton adalah fungsi kepada nombor Nusselt, nombor Reynold dan nombor Prandtl.  
(10 markah)
- [b] Cecair Natrium pada 180°C dengan purata aliran jisim (average mass flow) 3 kg/s memasuki tiub yang bergarispusat dalaman 2.5 sm. Suhu pada dinding tiub diseragamkan pada 240°C. Kira panjang tiub yang diperlukan untuk memanaskan natrium ke tahap 230°C. Untuk kondisi suhu seragam dinding tiub, gunakanlah  

$$Nu = 4.8 + 0.0156 Pe^{0.85} \times Pr^{0.08}$$
 di mana  $Pe = Re.Pr$  dipanggil nombor Peclet.  
(60 markah)

4. [a] [i] Terangkan dengan ringkas perbezaan jenis-jenis penukar haba.  
(10 markah)
- [ii] Terangkan istilah "Log Mean Temperature Difference (LMTD)" dan hasilkan ekspresi

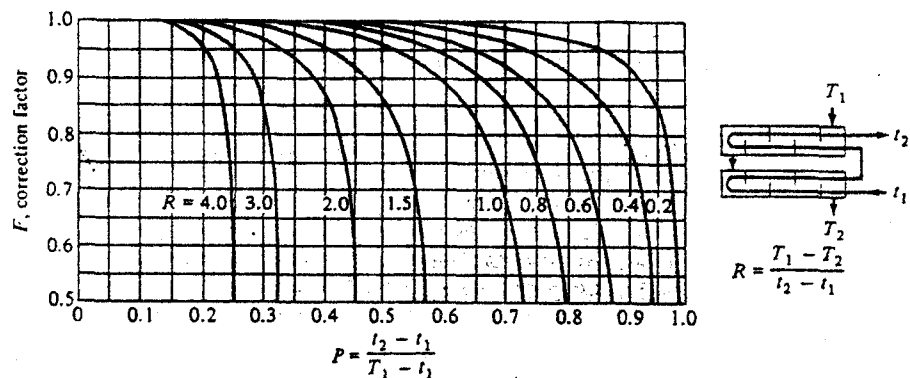
$$LMTD = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \theta_1 / \theta_2}$$

(30 markah)

- [b] 2 kelompang dan 4 tiub melalui penukaran haba dengan susunan aliran ditunjukkan dalam Rajah S4[b]. Kelompang dan tiub itu digunakan untuk memanaskan air dengan minyak. Air memasuki tiub pada kadar aliran  $m_c = 2 \text{ kg/s}$  dan suhu  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  dan keluar pada  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ . Minyak memasuki kelompang pada suhu  $T_1 = 140^\circ\text{C}$  dan keluar pada  $T_2 = 90^\circ\text{C}$ . Hitung luas pemindahan haba yang diperlukan untuk keseluruhan pihak pemindahan haba (heat transfer coefficient)  $h_o = 300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$ .

(60 markah)

...4/-



Rajah S4[b]

5. [a] Nyatakan hukum Stefan-Boltzmann dan terbitkannya menggunakan hukum agihan Planck.

(40 markah)

- [b] Dua stefan sepusat bergarispusat 21 sm dan 30 sm digunakan bagi menyimpan udara dalam bentuk cecair pada suhu  $-153^\circ\text{C}$  dalam bilik yang berada pada  $27^\circ\text{C}$ . Ruang antara kedua sfera dikosongkan (hampagas). Permukaan sfera-sfera tersebut diselaputi aluminium,  $\epsilon = 0.03$  dan haba pendam pengewapan (latent heat of vaporization) bagi udara cair adalah  $209 \text{ kJ/kg}$ . Carikan kadar pengewapan udara cair tersebut.

Ambil  $\sigma = 0.204 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2 \cdot \text{j} \cdot \text{K}^4$ .

Terbitkan persamaan bagi faktor bentuk yang digunakan dalam masalah ini.

(60 markah)

6. [a] Buktikan bahawa perpindahan haba sinaran dikurangkan separuh dengan meletakkan satu pelindung sinaran di antara dua plat infinit selari.

(40 markah)

- [b] Dua segiempat tepat  $50 \text{ sm} \times 50 \text{ sm}$  diletakkan seranjang antara satu sama lain dengan satu pinggir bersetuhan. Suatu permukaan mempunyai suhu  $1000 \text{ K}$  dan  $\epsilon = 0.6$  sementara satu lagi permukaan ditebat dan berada dalam keseimbangan pancaran (radiant balance) dengan bilik besar disekelilingnya yang berada pada  $300 \text{ K}$ . Tentukan suhu permukaan bertebat dan haba yang hilang dari permukaan yang bersuhu  $1000 \text{ K}$ . Faktor bentuk bagi permukaan-permukaan tersebut bersabit satu sama lain adalah  $0.2$ .

(60 markah)

...5/-

7. [a] Apakah persamaan-persamaan asasi yang menggambarkan proses-proses perpindahan haba, perpindahan jisim dan perpindahan. Dengan menggunakan persamaan-persamaan ini, dapatkan dan takrifkan berbagai-bagai nombor tak-berdimensi.

(40 markah)

- [b] Anggarkan kadar resapan air dari dasar tiub ujikaji yang bergaris pusat 10 mm dan sepanjang 15 sm, ke atmosfera kering yang berada pada 25°C. Tekanan tepu air pada 25°C ialah  $3.166 \times 10^{-2}$  bar dan pekali resapan ialah  $0.256 \text{ sm}^2/\text{s}$ .

Terbitkan persamaan yang digunakan bagi menyelesaikan masalah ini.

(60 markah)

oooOOooo

## Physical properties of liquid metals

Metal	Melting point, °C	Boiling point, °C	T, °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/(kg·°C)	$\mu \times 10^4$ , kg/(m·s)	$\nu \times 10^6$ , m <sup>2</sup> /s	k, W/(m·°C)	$\alpha \times 10^6$ , m <sup>2</sup> /s	Pr
Bismuth	271	1477	315	10,011	0.144	16.2	0.160	16.4	11.25	0.0142
			538	9,739	0.155	11.0	0.113	15.6	10.34	0.0110
			760	9,467	0.165	7.9	0.083	15.6	9.98	0.0083
Lead	327	1737	371	10,540	0.159	2.40	0.023	16.1	9.61	0.024
			704	10,140	0.155	1.37	0.014	14.9	9.48	0.0143
Lithium	179	1317	204.4	509.2	4.365	5.416	1.1098	46.37	20.96	0.051
			315.6	498.8	4.270	4.465	0.8982	43.08	20.32	0.0443
			426.7	489.1	4.211	3.927	0.8053	38.24	18.65	0.0432
			537.8	476.3	4.171	3.473	0.7304	30.45	15.40	0.0476
Mercury	-38.9	357	-17.8	13,707.1	0.1415	18.334	0.1342	9.76	5.038	0.0266
			100	13,384.5	0.1373	12.420	0.0928	10.51	5.716	0.0162
			200	13,144.9	0.1570	10.541	0.0802	12.34	6.908	0.0116
Sodium	97.8	883	93.3	931.6	1.384	7.131	0.7689	84.96	56.29	0.0116
			204.4	907.5	1.339	4.521	0.5010	80.81	66.80	0.0075
			315.6	878.5	1.304	3.294	0.3766	75.78	66.47	0.00567
			426.7	852.8	1.277	2.522	0.2968	69.39	64.05	0.00464
			537.8	823.8	1.264	2.315	0.2821	64.37	62.09	0.00455
			648.9	790.0	1.261	1.964	0.2496	60.56	61.10	0.00408
			760.0	767.5	1.270	1.716	0.2245	56.58	58.34	0.00385
Potassium	63.9	760	426.7	741.7	0.766	2.108	0.2839	39.45	69.74	0.0041
			537.8	714.4	0.762	1.711	0.2400	36.51	67.39	0.0036
			648.9	690.3	0.766	1.463	0.2116	33.74	64.10	0.0033
			760.0	667.7	0.783	1.331	0.1987	31.15	59.86	0.0033
NaK (56% Na, 44% K)	-11.1	784	93.3	889.8	1.130	5.622	0.6347	25.78	27.76	0.0246
			204.4	865.6	1.089	3.803	0.4414	26.47	28.23	0.0155
			315.6	838.3	1.068	2.935	0.3515	27.17	30.50	0.0115
			426.7	814.2	1.051	2.150	0.2652	27.68	32.52	0.0081
			537.8	788.4	1.047	2.026	0.2581	27.68	33.71	0.0076
			648.9	759.5	1.051	1.695	0.2240	27.68	34.86	0.0064

## Physical properties of gases at atmospheric pressure

T, K	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/(kg·°C)	$\mu$ , kg/(m·s)	$\nu$ , m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>6</sup>	$k$ , W/(m·K)	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>4</sup>	Pr
Air							
100	3.6010	1.0266	$0.6924 \times 10^{-5}$	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	10.53	0.02227	0.13161	0.722
300	1.1774	1.0057	1.983	16.84	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704

## Table of properties of water

T, °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/(kg·°C)	$\nu$ , m <sup>2</sup> /s	$k$ , W/(m·K)	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>7</sup>	Pr	$\beta$ , K <sup>-1</sup>
Water, H <sub>2</sub> O							
0	1,002.28	4.2178	$1.788 \times 10^{-6}$	0.552	1.308	13.6	$0.18 \times 10^{-3}$
20	1,000.52	4.1818	1.006	0.597	1.430	7.02	
40	994.59	4.1784	0.658	0.628	1.512	4.34	
60	985.46	4.1843	0.478	0.651	1.554	3.02	
80	974.08	4.1964	0.364	0.668	1.636	2.22	
100	960.63	4.2161	0.294	0.680	1.680	1.74	
120	945.25	4.250	0.247	0.685	1.708	1.446	
140	928.27	4.283	0.214	0.684	1.724	1.241	
160	909.69	4.342	0.190	0.680	1.729	1.099	
180	889.03	4.417	0.173	0.675	1.724	1.004	
200	866.76	4.505	0.160	0.665	1.706	0.937	
220	842.41	4.610	0.150	0.652	1.680	0.891	
240	815.66	4.756	0.143	0.635	1.639	0.871	
260	785.87	4.949	0.137	0.611	1.577	0.874	
280.6	752.55	5.208	0.135	0.580	1.481	0.910	
300	714.26	5.728	0.135	0.540	1.324	1.019	

From E. R. G. Eckert and R. M. Drake, *Analysis of Heat Mass Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1972.