

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**  
**Peperiksaan Semester Pertama**  
**Sidang Akademik 1995/96**

**Oktober/November 1995**

**IKK 304/2 - OPERASI UNIT II**

**Masa : [2 jam]**

---

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat (termasuk Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **TIGA (3)** soalan. Semua soalan mesti dijawab di dalam **Bahasa Malaysia**.

1. (a) Terangkan plot  $q/A$  lwn  $T$  untuk pendidihan cecair tepu.

(25/100)

(b) Satu penukar haba digunakan untuk menyejukkan 20 kg/s air dari 360K hingga 340K dengan menggunakan air penyejuk yang mengalir pada 25 kg/s dan memasuki penukar haba pada 300K. Jika koefisien pemindahan haba keseluruhan  $U$  ialah  $2 \text{ kW/m}^2\text{K}$ , hitungkan luas pemindahan untuk

- (i) satu penukar haba aliran aruslawan
- (ii) satu penukar haba aliran selari
- (iii) satu penukar haba petala-dan-tiub laluan 1-2  
 $C_p = 4.18 \text{ kJ/kg K}$ .

(75/100)

2. (a) Bincangkan tentang koefisien pemindahan haba keseluruhan.

(15/100)

(b) Ceritakan tentang penyinaran jasad hitam.

(10/100)

- (c) Suatu cecair dipanaskan di dalam satu tiub yang bergarispusat 2.5 cm dari 50°C hingga 80°C. Suhu dinding tiub adalah malar pada 95°C. Halaju cecair di dalam tiub ialah 3 m/s. Kirakan panjang tiub yang diperlukan. Sifat-sifat cecair adalah seperti berikut:

$$\rho = 990 \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0.67 \text{ W/m-}^\circ\text{C}$$

$$\mu_w = 2.60 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

$$\mu = 4.0 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

$$c_p = 4.2 \times 10^3 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$$

(75/100)

3. (a) Bincangkan tentang penaikan takat didih dan gambarajah entalpi-kepekatan yang digunakan dalam proses penyejatan.

(25/100)

(b) Satu penukar haba petala-dan-tiub yang bergarispusat petala 89.0 cm mengandungi 809 tiub yang bergarispusat luaran 1.9 cm, panjang tiub 3.66 m, di atas 2.5 cm pic segiempat sama. Sesekat 25% standard digunakan dengan jarak di antaranya 30.5 cm. Benzena cecair pada suhu purata  $16^{\circ}\text{C}$  dipanaskan di sisi petala penukar pada kadar 45000 kg/h. Suhu permukaan luar tiub ialah  $60^{\circ}\text{C}$ . Jika koefisien pemindahan haba sisi tiub ialah  $170 \text{ W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$  kirakan koefisien pemindahan haba keseluruhan. Anggapkan tiub-tiub amat tipis.

$$\mu (16^{\circ}\text{C}) = 2.50 \text{ kg/m-h}, \mu_w (60^{\circ}\text{C}) = 1.37 \text{ kg/m-h}$$

$$k (16^{\circ}\text{C}) = 0.16 \text{ W/m-}^{\circ}\text{C}, C_p (16^{\circ}\text{C}) = 0.48 \text{ Wh/kg-}^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{h_o D_o}{k} = 0.2 (D_o G_e / \mu)^{0.6} (C_p \mu / k)^{0.33} (\mu / \mu_w)^{0.14}$$

$$G_e = (G_b G_c)^{\frac{1}{2}} \quad G = \dot{m}/s$$

$$S_b = f_b \pi D_s^2 / 4 - N_b \pi D_o^2 / 4$$

$$S_c = P D_s (1 - D_o / P)$$

$$f_b = 0.1955$$

(75/100)

4. (a) Bincangkan tentang perbezaan di antara pemindahan haba konduksi di antara batu papak, silinder panjang, dan sfera dalam keadaan mantap.

(15/100)

(b) Bincangkan tentang prinsip utama untuk penukar haba permukaan terpanjang.

(10/100)

(c) Satu larutan berair organik adalah dipekatkan dari 10 hingga 40% pepejal di dalam satu penyejat kesan tunggal. Stim pada tekanan 2 atm ( $121^{\circ}\text{C}$ ) digunakan. Di dalam ruang wap, tekanan adalah 102 mm Hg. Ini sepadan dengan takat didih air  $52^{\circ}\text{C}$ . Kadar suap ke dalam penyejat ialah 22,000 kg/h. Koefisien pemindahan haba keseluruhan ialah  $3000 \text{ W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$ . Penaikan takat didih larutan dan haba pencairan boleh diabaikan. Jika suhu larutan suap ialah  $30^{\circ}\text{C}$ , kirakan kehendak stim, ekonomi, dan permukaan pemanasan. Muatan haba bagi larutan suap ialah  $3.77 \text{ J/g-}^{\circ}\text{C}$        $1 \text{ Btu/lb} = 2326 \text{ J/kg}$ .

$$q = \dot{m}_s \lambda_s = (\dot{m}_f - \dot{m})H_v + \dot{m}H - \dot{m}_f H_f$$

(75/100)

**CONVERSION  
FACTORS AND  
CONSTANTS  
OF NATURE**

IKK 304/2

LAMPIRAN

To convert from	To	Multiply by†
acre	ft <sup>2</sup>	43,560*
	m <sup>2</sup>	4046.85
atm	N/m <sup>2</sup>	1.01325 × 10 <sup>3</sup>
	lb./in. <sup>2</sup>	14.696
Avogadro number	particles/g. mol	6.022169 × 10 <sup>23</sup>
barrel (petroleum)	ft <sup>3</sup>	5.6146
	gal (U.S.)	42*
	m <sup>3</sup>	0.15899
bar	N/m <sup>2</sup>	1.0 × 10 <sup>5</sup>
	lb./in. <sup>2</sup>	14.504
Boltzmann constant	J/K	1.380622 × 10 <sup>-23</sup>
Btu	cal <sub>IT</sub>	251.996
	ft-lb.	778.17
	J	1055.06
	kWh	2.9307 × 10 <sup>-4</sup>
Btu/lb	cal <sub>IT</sub> /g	0.55556
Btu/lb-°F	cal <sub>IT</sub> /g-°C	1*
Btu/ft <sup>2</sup> -h	W/m <sup>2</sup>	3.1546
Btu/ft <sup>2</sup> -h-°F	W/m <sup>2</sup> -°C	5.6783
Btu-ft/ft <sup>2</sup> -h-°F	kcal/m <sup>2</sup> -h-K	4.882
	W-m/m <sup>2</sup> -°C	1.73073
	kcal/m-h-K	1.488
cal <sub>IT</sub>	Btu	3.9683 × 10 <sup>-3</sup>
	ft-lb.	3.0873
	J	4.1363*
cal	J	4.184*
cm	in.	0.39370
	ft	0.0328084
cm <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	3.531467 × 10 <sup>-5</sup>
	gal (U.S.)	2.64172 × 10 <sup>-4</sup>
cP (centipoise)	kg/m-s	1.0 × 10 <sup>-3</sup>
	lb/ft-h	2.4191
	lb/ft-s	6.7197 × 10 <sup>-4</sup>
cSt (centistoke)	m <sup>2</sup> /s	1.0 × 10 <sup>-6</sup>
faraday	C/g mol	9.648670 × 10 <sup>4</sup>
ft	m	0.3048*
ft-lb.	Btu	1.2851 × 10 <sup>-3</sup>
	cal <sub>IT</sub>	0.32383
	J	1.35582
ft-lb/s	Btu/h	4.6262
	hp	1.81818 × 10 <sup>-3</sup>
ft <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /s	2.581 × 10 <sup>-3</sup>
ft <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /s	0.2581
	cm <sup>3</sup>	2.8316839 × 10 <sup>4</sup>
	gal (U.S.)	7.48052
	L	28.31684
ft <sup>3</sup> -atm	Btu	2.71948
	cal <sub>IT</sub>	685.29
	J	2.8692 × 10 <sup>3</sup>
ft <sup>3</sup> /s	gal (U.S.)/min	448.83
gal (U.S.)	ft <sup>3</sup>	0.13368
	in. <sup>3</sup>	231*
gravitational constant	N-m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>	6.673 × 10 <sup>-11</sup>
gravity acceleration, standard	m/s <sup>2</sup>	9.80665*
h	min	60*
	s	3600*
hp	Btu/h	2544.43
	kW	0.74624
hp/1000 gal	kW/m <sup>3</sup>	0.197
in.	cm	2.54*
in. <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	16.3871
J	erg	1.0 × 10 <sup>7</sup>
	ft-lb.	0.73756
kg	lb	2.20462
kWh	Btu	3412.1
L	m <sup>3</sup>	1.0 × 10 <sup>-3</sup>
lb	kg	0.45359237*
lb/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	16.018
	g/cm <sup>3</sup>	0.016018
lb./in. <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	6.89473 × 10 <sup>3</sup>
lb mol/ft <sup>2</sup>	kg mol/m <sup>2</sup> -s	1.3562 × 10 <sup>-3</sup>
	g mol/cm <sup>2</sup> -s	1.3562 × 10 <sup>-4</sup>
light, speed of	mi/s	2.997925 × 10 <sup>8</sup>
m	ft	3.280840
	in.	39.3701
m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	35.3147
	gal (U.S.)	264.17
N	dyn	1.0 × 10 <sup>5</sup>
	lb.	0.22481
N/m <sup>2</sup>	lb./in. <sup>2</sup>	1.4498 × 10 <sup>-4</sup>
Planck constant	J-s	6.626196 × 10 <sup>-34</sup>
proof (U.S.)	percent alcohol by volume	0.5
ton (long)	kg	1016*
	lb	2240*
ton (short)	lb	2000*
ton (metric)	kg	1000*
	lb	2204.6
yd	ft	3*
	m	0.9144*

\* Values that end in an asterisk are exact, by definition.

# PROPERTIES OF LIQUID WATER

Temperature $T$ , °F	Viscosity† $\mu'$ , cP	Thermal conductivity‡ $k$ , Btu/ft-h-°F	Density§ $\rho$ , lb/ft³	$\psi_f = \left( \frac{k^3 \rho^2 g}{\mu^2} \right)^{1/3}$
32	1.794	0.320	62.42	1,410
40	1.546	0.326	62.43	1,590
50	1.310	0.333	62.42	1,810
60	1.129	0.340	62.37	2,050
70	0.982	0.346	62.30	2,290
80	0.862	0.352	62.22	2,530
90	0.764	0.358	62.11	2,780
100	0.682	0.362	62.00	3,020
120	0.559	0.371	61.71	3,530
140	0.470	0.378	61.38	4,030
160	0.401	0.384	61.00	4,530
180	0.347	0.388	60.58	5,020
200	0.305	0.392	60.13	5,500
220	0.270	0.394	59.63	5,960
240	0.242	0.396	59.10	6,420
260	0.218	0.396	58.53	6,830
280	0.199	0.396	57.94	7,210
300	0.185	0.396	57.31	7,510

† From *International Critical Tables*, vol. 5, McGraw-Hill Book Company, New York, 1929, p. 10.

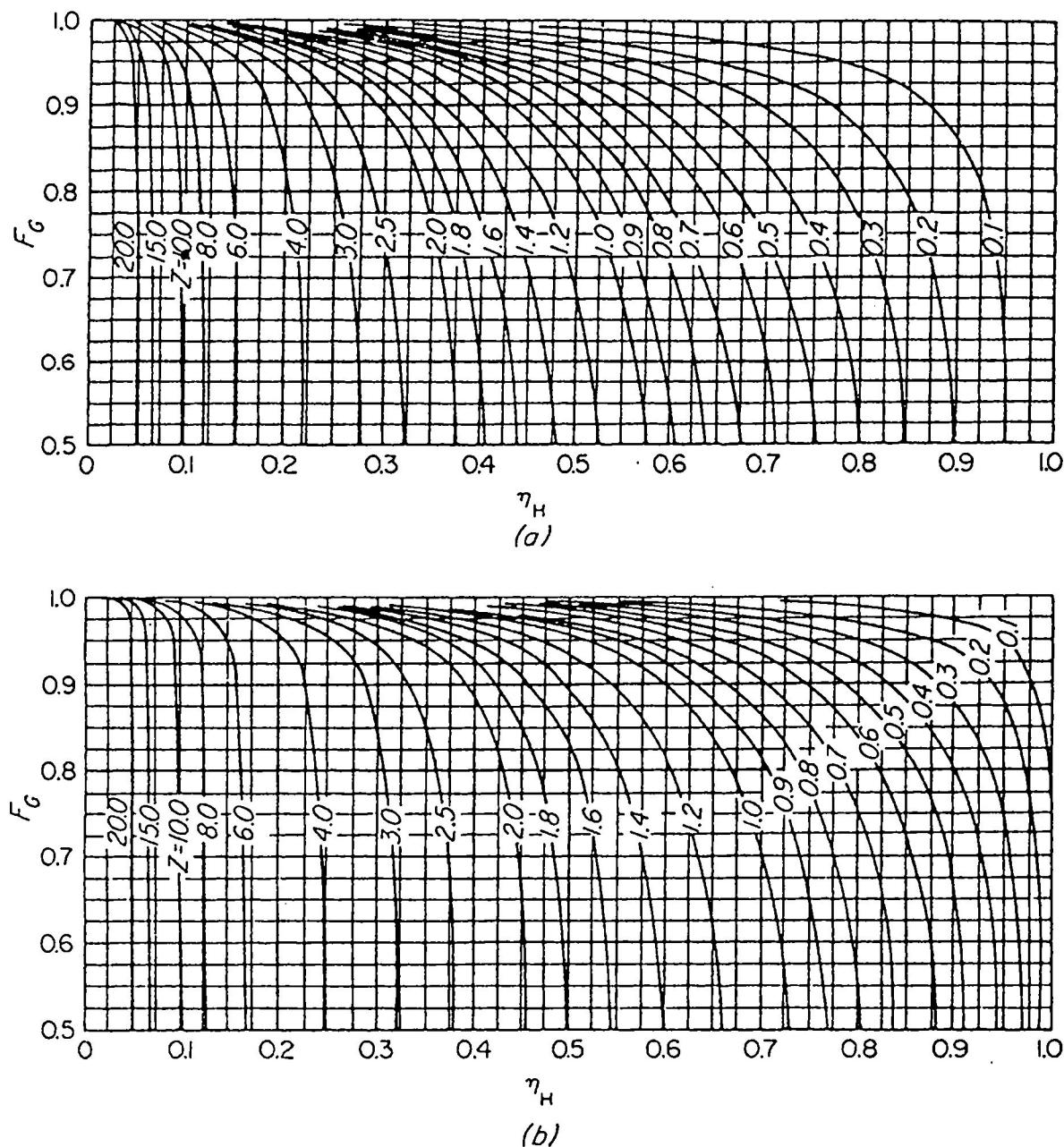
‡ From E. Schmidt and W. Sellschopp, *Forsch. Geb. Ingenieurw.*, 3:277 (1932).

§ Calculated from J. H. Keenan and F. G. Keyes, *Thermodynamic Properties of Steam*, John Wiley & Sons., Inc., New York, 1937.

# PROPERTIES OF SATURATED STEAM AND WATER†

Temperature <i>T</i> , °F	Vapor pressure <i>p<sub>A</sub></i> , lb/in. <sup>2</sup>	Specific volume, ft <sup>3</sup> /lb		Enthalpy, Btu/lb		
		Liquid <i>v<sub>x</sub></i>	Saturated vapor <i>v<sub>y</sub></i>	Liquid <i>H<sub>x</sub></i>	Vaporization <i>λ</i>	Saturated vapor <i>H<sub>y</sub></i>
32	0.08859	0.016022	3305	0	1075.4	1075.4
35	0.09992	0.016021	2948	3.00	1073.7	1076.7
40	0.12166	0.016020	2445	8.02	1070.9	1078.9
45	0.14748	0.016021	2037	13.04	1068.1	1081.1
50	0.17803	0.016024	1704.2	18.06	1065.2	1083.3
55	0.2140	0.016029	1431.4	23.07	1062.4	1085.5
60	0.2563	0.016035	1206.9	28.08	1059.6	1087.7
65	0.3057	0.016042	1021.5	33.09	1056.8	1089.9
70	0.3632	0.016051	867.7	38.09	1054.0	1092.0
75	0.4300	0.016061	739.7	43.09	1051.1	1094.2
80	0.5073	0.016073	632.8	48.09	1048.3	1096.4
85	0.5964	0.016085	543.1	53.08	1045.5	1098.6
90	0.6988	0.016099	467.7	58.07	1042.7	1100.7
95	0.8162	0.016114	404.0	63.06	1039.8	1102.9
100	0.9503	0.016130	350.0	68.05	1037.0	1105.0
110	1.2763	0.016166	265.1	78.02	1031.4	1109.3
120	1.6945	0.016205	203.0	88.00	1025.5	1113.5
130	2.225	0.016247	157.17	97.98	1019.8	1117.8
140	2.892	0.016293	122.88	107.96	1014.0	1121.9
150	3.722	0.016343	96.99	117.96	1008.1	1126.1
160	4.745	0.016395	77.23	127.96	1002.2	1130.1
170	5.996	0.016450	62.02	137.97	996.2	1134.2
180	7.515	0.016509	50.20	147.99	990.2	1138.2
190	9.343	0.016570	40.95	158.03	984.1	1142.1
200	11.529	0.016634	33.63	168.07	977.9	1145.9
210	14.125	0.016702	27.82	178.14	971.6	1149.7
212	14.698	0.016716	26.80	180.16	970.3	1150.5
220	17.188	0.016772	23.15	188.22	965.3	1153.5
230	20.78	0.016845	19.386	198.32	958.8	1157.1
240	24.97	0.016922	16.327	208.44	952.3	1160.7
250	29.82	0.017001	13.826	218.59	945.6	1164.2
260	35.42	0.017084	11.768	228.76	938.8	1167.6
270	41.85	0.017170	10.066	238.95	932.0	1170.9
280	49.18	0.017259	8.650	249.18	924.9	1174.1
290	57.53	0.017352	7.467	259.44	917.8	1177.2
300	66.98	0.017448	6.472	269.73	910.4	1180.2
310	77.64	0.017548	5.632	280.06	903.0	1183.0
320	89.60	0.017652	4.919	290.43	895.3	1185.8
340	117.93	0.017872	3.792	311.30	879.5	1190.8
350	134.53	0.017988	3.346	321.80	871.3	1193.1
360	152.92	0.018108	2.961	332.35	862.9	1195.2
370	173.23	0.018233	2.628	342.96	854.2	1197.2
380	195.60	0.018363	2.339	353.62	845.4	1199.0
390	220.2	0.018498	2.087	364.34	836.2	1200.6
400	247.1	0.018638	1.8661	375.12	826.8	1202.0
410	276.5	0.018784	1.6726	385.97	817.2	1203.1
420	308.5	0.018936	1.5024	396.89	807.2	1204.1
430	343.3	0.019094	1.3521	407.89	796.9	1204.8
440	381.2	0.019260	1.2192	418.98	786.3	1205.3
450	422.1	0.019433	1.1011	430.2	775.4	1205.6

† Abstracted from *Steam Tables*, by Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, and Joan G. Moore, John Wiley & Sons, New York, 1969, with the permission of the publisher.

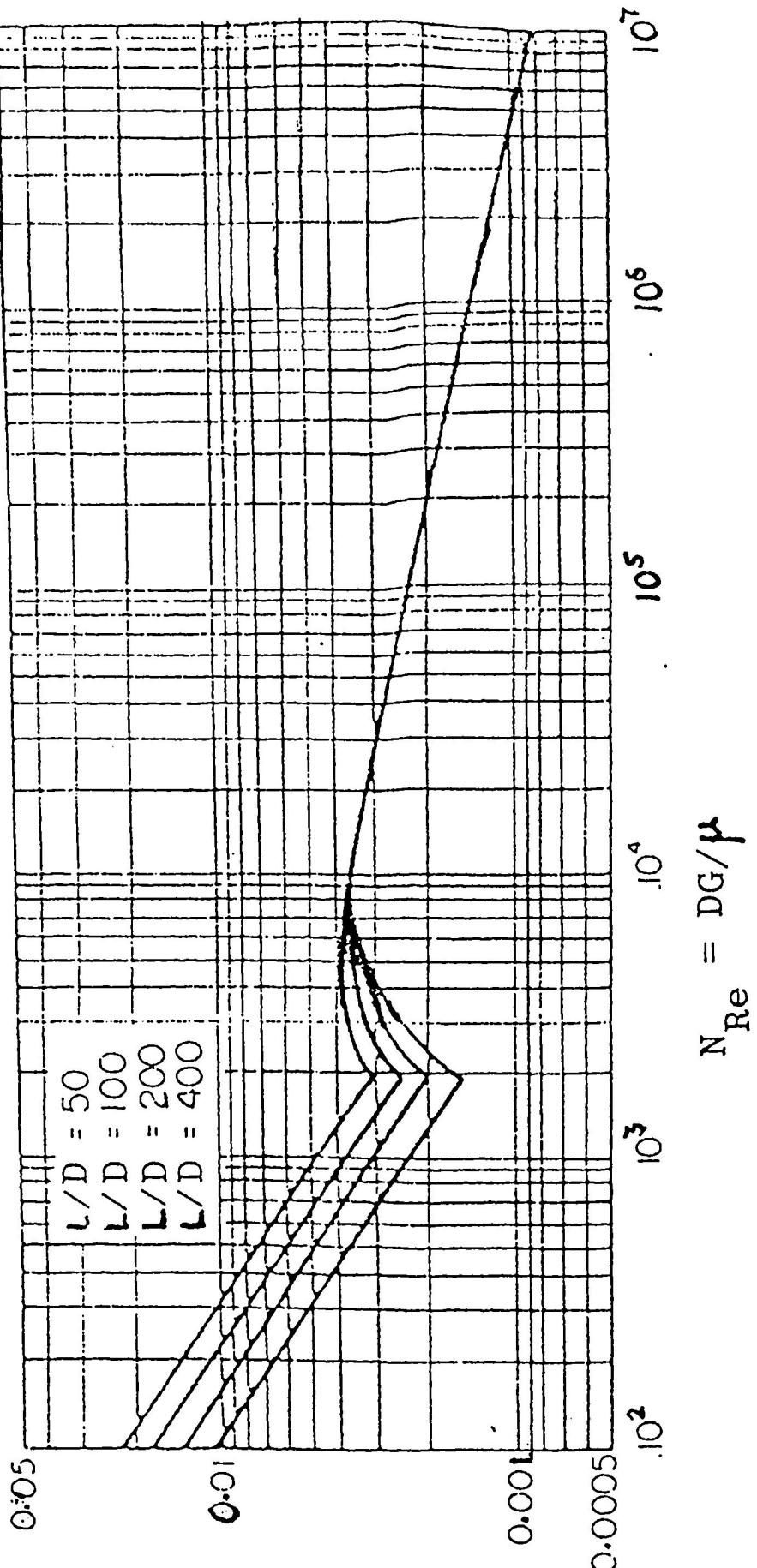


FIGURE

Correction of LMTD: (a) 1-2 exchangers; (b) 2-4 exchangers. (From R. A. Bowman, A. C. Mueller, and W. M. Nagle, Trans. ASME, 61:283, 1940. Courtesy of American Society of Mechanical Engineers.)

$$Z = \frac{T_{ha} - T_{hb}}{T_{cb} - T_{ca}}$$

$$\eta_H = \frac{T_{cb} - T_{ca}}{T_{ha} - T_{ca}}$$



$$j_H = \left( \frac{c_p g}{h_i k} \right) \left( \frac{A_w}{A_m} \right)^{2/3} 0.14$$