
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2003/04

September/Oktober 2003

IEK 204 - OPERASI UNIT II

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUABELAS mukasurat (termasuk lapan keping Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **LIMA** soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Satu penukar haba dwipaip digunakan untuk menyejukkan 25 kg/s air dari 360 K ke 330 K dengan menggunakan 30 kg/s air yang memasuki penular pada 300 K. Jika koefisien pemindahan haba keseluruhan ialah malar pada 2.2 kW/m².K, hitungkan luas permukaan yang dikehendaki dalam

- i) aliran selari;
- ii) aliran aruslawan.

Muatan haba air ialah 4.18 kJ/kg.K.

(40 markah)

- (b) Satu relau mempunyai tiga lapisan: bata api (ketebalan $B_1 = 140$ mm), bata penebat (ketebalan $B_2 = 75$ mm), lapisan keluli luar (ketebalan $B_3 = 15$ mm). Kekonduktifan termal untuk setiap lapisan ialah seperti berikut:

Bata api: $k_1 = 0.81$ W/m.°C;
Bata penebat: $k_2 = 0.23$ W/m.°C;
Keluli: $k_3 = 45.0$ W/m.°C.

Suhu di bahagian dalaman relau ialah 820°C. Suhu di luar lapisan keluli ialah 30°C. Koefisien pemindahan haba individu di bahagian dalam dan luar relau masing-masing ialah 70.5 W/m².°C dan 13.5 W/m².°C. Hitungkan

- i) rintangan-rintangan individu;
- ii) kehilangan haba seunit luas dinding relau;
- iii) koefisien pemindahan haba keseluruhan.

(60 markah)

2. Satu penukar haba aliran aruslawan dwipaip menggunakan minyak ($C_p = 0.45$ Btu/lb.°F) pada suhu awal 420°F untuk memanaskan air yang mengalir pada 450 lb/h dari 55°F hingga 105°F. Kadar aliran bagi minyak ialah 700 lb/h.

- (a) Apakah luas pemindahan haba dikehendaki jika nilai koefisien pemindahan haba keseluruhan ialah 65 Btu/ft².h.°F?
- (b) Tentukan bilangan unit pemindahan ($N = NTU$);
- (c) Hitungkan keberkesanan penukar haba ini.

Diberi: $C_p(\text{air}) = 1.00 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$.
 $NTU = UA/C_{\min}$
 $C = C_{\min}/C_{\max}$
 $\eta_H = [1 - e^{-N(1-C)}]/[1 - Ce^{-N(1-C)}]$
 $\eta_H = [1 - e^{-N(1+C)}]/(1+C)$

(100 markah)

3. Air akan dipanaskan dari 15 hingga 55°C di dalam satu penukar haba dwipaip pada kadar 1.2 kg/s. Air mengalir di dalam tiub dalaman manakala stim mengkondensasi di luar pada 120°C. Dinding tiub dalaman ialah pada 95°C. Rintangan dinding tiub terhadap pemindahan haba boleh diabaikan. Diameter tiub dalaman yang amat nipis ialah 25 mm. Jika koefisien filem-stim h_o bernilai 11.5 kW/m².°C, apakah panjangnya penukar haba ini? Sifat purata bagi air ialah:

$$\begin{aligned} k &= 0.62 \text{ W/m.}^\circ\text{C} & \mu &= 0.764 \text{ cP} \\ C_p &= 4187 \text{ J/kg.}^\circ\text{C} & \rho &= 995 \text{ kg/m}^3 \\ \mu_w &= 0.295 \text{ cP} \end{aligned}$$

(100 markah)

4. Satu penyejat kesan-tunggal digunakan untuk memekatkan satu larutan NaOH dari 20% hingga 50% pepejal pada kadar 20,000 lb/h. Tekanan stim ialah 34.7 lb_f/in². Tekanan mutlak di dalam ruang wap ialah 1.93 lb_f/in². Koefisien pemindahan keseluruhan ialah 255 Btu/ft².h.°F. Suhu larutan suap ialah 100°F. Hitungkan

- (a) amaun stim yang digunakan, lb;
(b) luas permukaan pemanasan yang dikehendaki, ft².

(100 markah)

5. Air penyejuk yang mengalir pada 230,000 kg/h memasuki satu kondenser stim pada 20°C. Kondenser tersebut mengandungi 110 tiub yang mempunyai diameter 2.21 cm dan ketebalan 0.16 cm. Panjang setiap tiub ialah 4.9 m. Air keluar dari tiub-tiub pada 27°C. Stim tepu pada 100°C mengkondensasi di atas permukaan luar tiub. Hitungkan haba berpindah, dan koefisien pemindahan haba di antara air penyejuk dan tiub. Kesan dinding terhadap kelikatan boleh diabaikan. Sifat-sifat air ialah seperti berikut:

$$\begin{aligned}\mu &= 0.922 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s} \\ k &= 0.606 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= 998 \text{ kg/m}^3 \\ C_p &= 4.18 \times 10^3 \text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

(100 markah)

6. Jawab DUA soalan daripada berikut:

- (a) Dengan bantuan plot q/A lawan ΔT , bincangkan fenomenon pemindahan haba pendidihan cecair tepu.

(50 markah)

- (b) Bincangkan tentang pancaran penyinaran.

(50 markah)

- (c) Bincangkan mengenai kaedah suapan penyejat berbilang-kesan.

(50 markah)

- (d) Bincangkan tentang penukar haba dwipaip, penukar haba petala-dan-tiub laluan 2-4, kondenser, dan penukar haba jenis plat.

(50 markah)

PROPERTIES OF LIQUID WATER

Temperature T , °F	Viscosity† μ' , cP	Thermal conductivity‡ k , Btu/ft-h-°F	Density§ ρ , lb/ft ³	$\psi_f = \left(\frac{k^3 \rho^2 g}{\mu^2} \right)^{1/3}$
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 T , °F	Vapor pressure p_A , lb/in. ²	Specific volume, ft ³ /lb		Enthalpy, Btu/lb		
		Liquid v_x	Saturated vapor v_y	Liquid H_x	Vaporization λ	Saturated vapor H_y
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.

$$J_H = \left(\frac{h_i}{c_p G} \right) \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{2/3} (\mu_w / \mu)^{0.14}$$

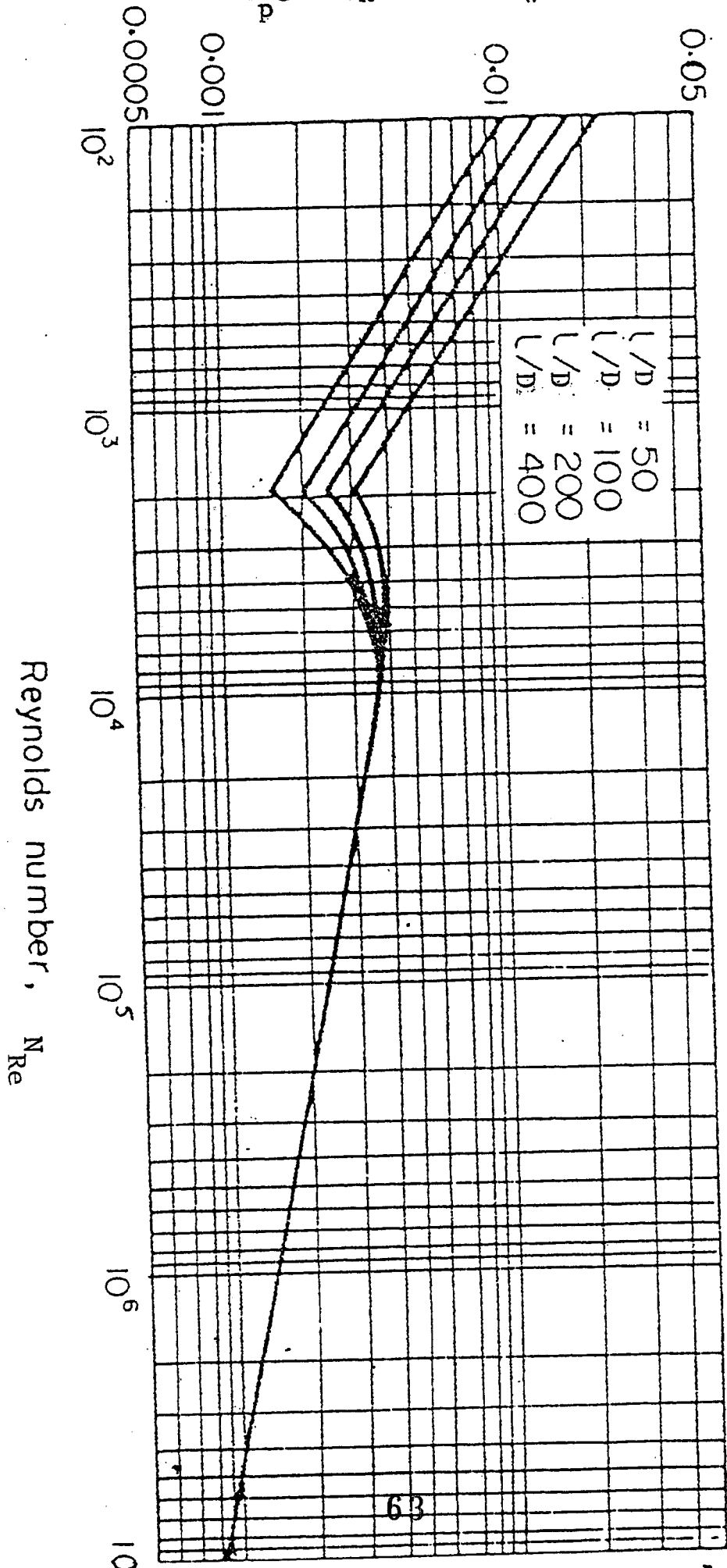


FIG. Effect of length: diameter ratio on heat transfer coefficient.

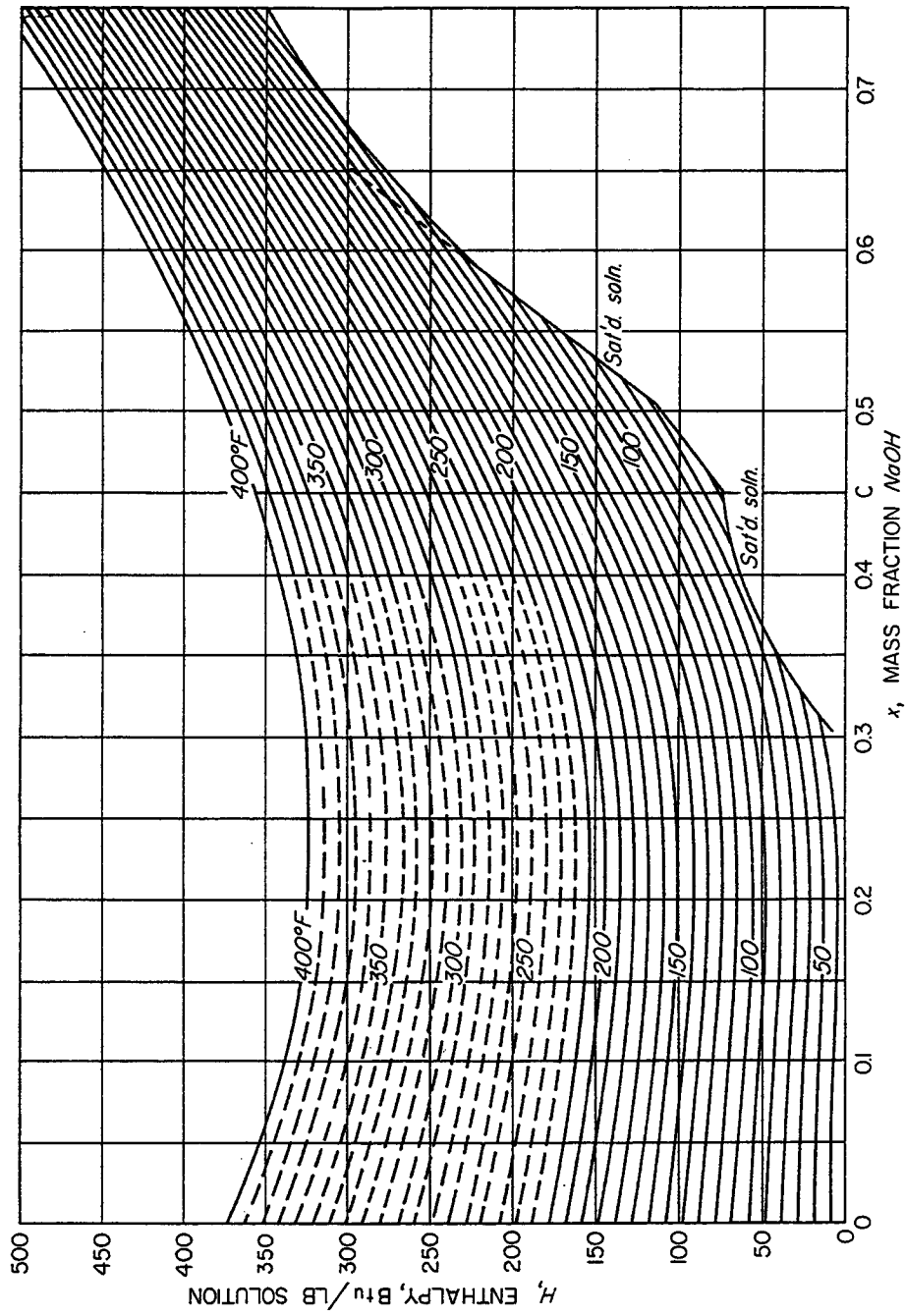


FIGURE 16.9
Enthalpy-concentration diagram, system sodium hydroxide—water. [After
McCabe.]

VALUES OF GAS CONSTANT

Temperature	Mass	Energy	R
Kelvins	kg mol	J	8314.47
		cal _{IT}	1.9859×10^3
		cal	1.9873×10^3
		m ³ -atm	82.056×10^{-3}
		cm ³ -atm	82.056
Degrees Rankine	lb mol	Btu	1.9858
		ft-lb _f	1545.3
		Hp-h	7.8045×10^{-4}
		kWh	5.8198×10^{-4}

CONVERSION FACTORS AND CONSTANTS OF NATURE

To convert from	To	Multiply by†
acre	ft ²	43,560*
	m ²	4046.85
atm	N/m ²	$1.01325* \times 10^5$
	lb _f /in. ²	14.696
Avogadro number	particles/g mol	6.022169×10^{23}
barrel (petroleum)	ft ³	5.6146
	gal (U.S.)	42*
	m ³	0.15899
bar	N/m ²	$1* \times 10^5$
	lb _f /in. ²	14.504
Boltzmann constant	J/K	1.380622×10^{-23}
Btu	cal _{IT}	251.996
	ft-lb _f	778.17
	J	1055.06
	kWh	2.9307×10^{-4}
	cal _{IT} /g	0.55556
Btu/lb	cal _{IT} /g-°C	1*
Btu/lb-°F	W/m ²	3.1546
Btu/ft ² -h	W/m ² -°C	5.6783
Btu/ft ² -h-°F	kcal/m ² -h-K	4.882
	W-m/m ² -°C	1.73073
	kcal/m-h-K	1.488

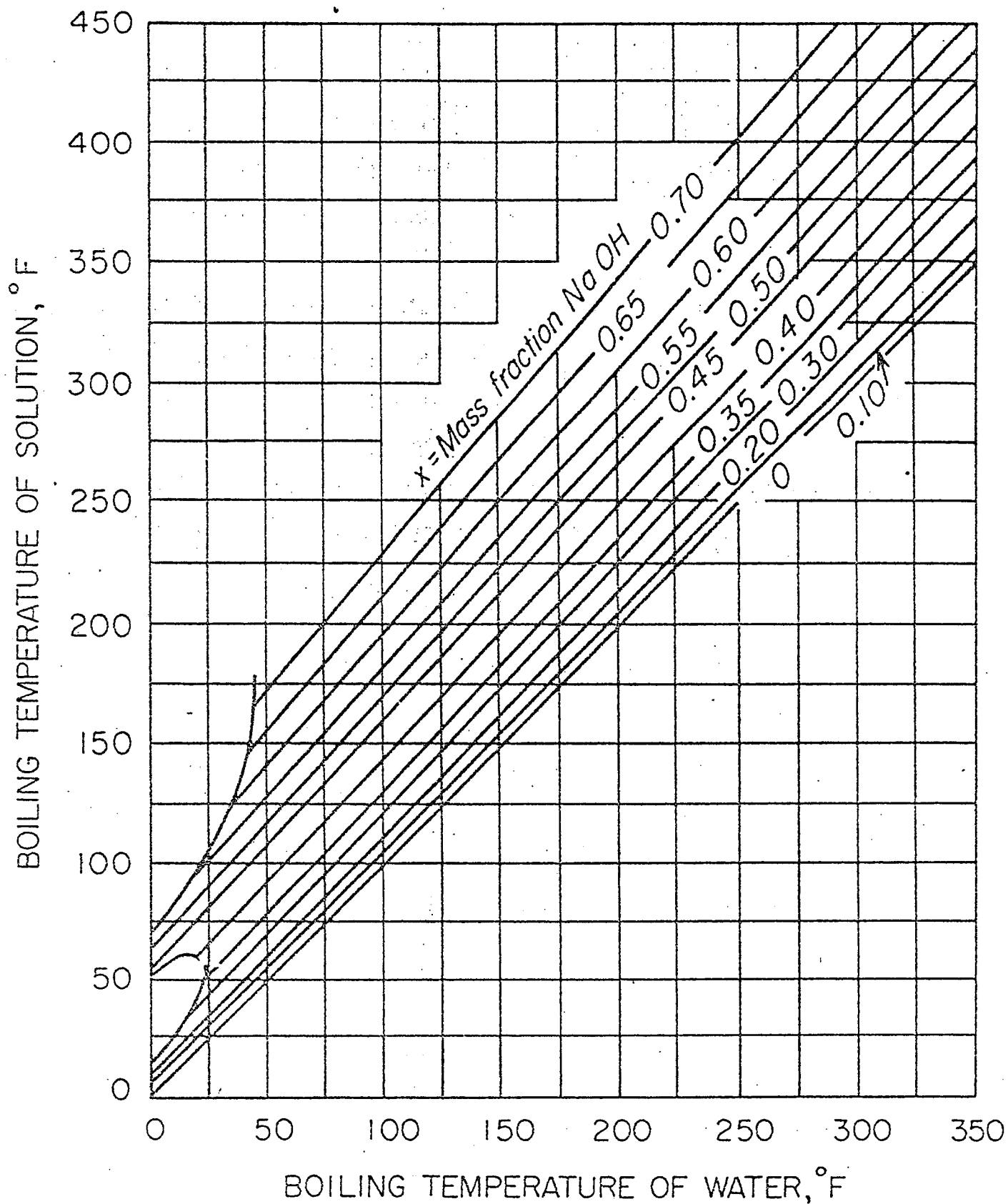
(Continued)

To convert from	To	Multiply by†
cal _{IT}	Btu	3.9683×10^{-3}
	ft-lb _f	3.0873
	J	4.1868*
cal	J	4.184*
cm	in.	0.39370
	ft	0.0328084
cm ³	ft ³	3.531467×10^{-5}
	gal (U.S.)	2.64172×10^{-4}
cP (centipoise)	kg/m-s	$1* \times 10^{-3}$
	lb/ft-h	2.4191
	lb/ft-s	6.7197×10^{-4}
cSt (centistoke)	m ² /s	$1* \times 10^{-6}$
faraday	C/g mol	9.648670×10^4
ft	m	0.3048*
ft-lb _f	Btu	1.2851×10^{-3}
	cal _{IT}	0.32383
	J	1.35582
ft-lb _f /s	Btu/h	4.6262
	hp	1.81818×10^{-3}
ft ² /h	m ² /s	2.581×10^{-5}
	cm ² /s	0.2581
ft ³	cm ³	2.8316839×10^4
	gal (U.S.)	7.48052
	L	28.31684
ft ³ -atm	Btu	2.71948
	cal _{IT}	685.29
	J	2.8692×10^3
ft ³ /s	gal (U.S.)/min	448.83
gal (U.S.)	ft ³	0.13368
	in. ³	231*
	N-m ² /kg ²	6.673×10^{-11}
gravitational constant	m/s ²	9.80665*
gravity acceleration, standard	min	60*
h	s	3600*
hp	Btu/h	2544.43
	kW	0.74624
hp/1000 gal	kW/m ³	0.197
in.	cm	2.54*
in. ³	cm ³	16.3871
J	erg	$1* \times 10^7$
	ft-lb _f	0.73756
kg	lb	2.20462
kWh	Btu	3412.1
L	m ³	$1* \times 10^{-3}$
lb	kg	0.45359237*
	kg/m ³	16.018
lb/ft ³	g/cm ³	0.016018
	N/m ²	6.89473×10^3
lb _f /in. ²	kg mol/m ² -s	1.3562×10^{-3}
lb mol/ft ² -h	g mol/cm ² -s	1.3562×10^{-4}
light, speed of	m/s	2.997925×10^8

To convert from	To	Multiply by†
m	ft	3.280840
	in.	39.3701
m ³	ft ³	35.3147
	gal (U.S.)	264.17
N	dyn	1* × 10 ⁵
	lb _f	0.22481
N/m ²	lb _f /in. ²	1.4498 × 10 ⁻⁴
Planck constant	J-s	6.626196 × 10 ⁻³⁴
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.

ooo000ooo



FIGURE

Dühring lines, system sodium hydroxide—water. (After McCabe.⁶)