
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2002/2003

September 2002

IEK 204 – Operasi Unit II

Masa : 3 jam

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

Jawab EMPAT (4) soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Air mengalir pada halaju min $u_m = 2$ m/s dalam paip bulat, garispusat dalaman $D = 5$ cm. Paip itu dibuat dari jenis keluli komersial (*commercial steel*) dan dindingnya berada pada suhu seragam 100°C kerana terdapat kondensasi stim di permukaan luar paip. Pada lokasi aliran bendalir maju sepenuhnya secara hidrodinamik dan termal, suhu pukal purata ialah 60°C .

Kira koefisien pemindahan haba perolakan h , di dalam paip dengan menggunakan persamaan Petukhov. Sila guna Lampiran 1 untuk mencari faktor geseran f .

Persamaan Pethukov

$$\text{Nu} = (\text{Re} \cdot \text{Pr}) / X \cdot (f / 8) \cdot (\mu_b / \mu_w)^n$$

$$X = 1.07 + 12.7 (\text{Pr}^{2/3} - 1) \cdot (f / 8)^{1/2}$$

$n = 0.11$ untuk pemanasan

$n = 0.25$ untuk pendinginan

Sifat air pada suhu 60°C

$$\rho = 985 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_b = 4.71 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

$$k = 0.651 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 3.02$$

Kelikatan air pada di dinding, suhu 100°C

$$\mu_w = 2.82 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

(40 markah)

- (b) Kira luas permukaan pemanas bagi suatu penyejat yang beroperasi pada tekanan 30 kN/m^2 . Penyejat itu memekatkan suapan 10 kg/s larutan NaOH dari 10% menjadi 40% menurut berat. Andaikan nilai U ialah $3 \text{ kW/m}^2\text{K}$ dan stim masuk pada suhu 390K .

Data:

Tambahan takat didih larutan	=	30 K
Suhu suapan	=	291 K
Haba spesifik suapan	=	4.0 kJ/kg K
Haba spesifik hasilan	=	3.26 kJ/kg K

Data tambahan boleh diperolehi dari Lampiran 2.

(40 markah)

- (c) Pemindahan haba bersih di antara sebuku roti pada suhu T_1 , di dalam sebuah ketuhar (suhu dinding ketuhar ialah T_2) boleh dinyatakan melalui simbol Q_{12} .
- (i) Terbitkan suatu persamaan untuk mengira Q_{12} jika dinding ketuhar boleh dianggap sebagai jasad hitam.

(20 markah)

2. (a) Terbitkan suatu persamaan untuk taburan suhu dalam suatu dinding rata yang mempunyai sumber haba seragam di dalamnya, g (W / m^3). Muka salah satu dinding itu ditetapkan pada suhu T_a dan muka kedua pada T_b . Tebal dinding ialah $2L$. Diberi persamaan umum pemindahan haba berikut:

$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + g/k = \frac{1}{a} \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)$$

(50 markah)

- (b) Suatu gelanggang luncur ais (*ice skating rink*) terletak di dalam sebuah pasaraya tertutup. Suhu udara persekitaran di atas gelanggang ialah 20°C dan suhu dinding gelanggang ialah 25°C .

Koefisien pemindahan haba perolakan di antara ais dengan udara ialah $15 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$. Ini disebabkan oleh pergerakan udara dan peluncur ais. Emisiviti ais ialah 0.95.

- (i) Kira kadar pendinginan (dalam unit W) yang diperlukan untuk menetapkan suhu ais pada 0°C jika gelanggang berukuran $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$.
- (ii) Anggarkan masa untuk tebal ais menyusut 5 mm jika kuasa elektrik terputus.
(Gelanggang ais ditebat di bawahnya.)

$$\sigma = 5.668 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \text{ (pemalar Stefan Boltzmann)}$$

$$H_{fg} = 3.348 \times 10^5 \text{ J/kg} \text{ (Haba pelakuran ais)}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (ketumpatan ais)}$$

(50 markah)

3. (a) Suatu sistem tingkap rumah dibuat supaya 2 kepingan kaca tebal 5 mm setiap satu dipisahkan pada jarak 5 mm oleh udara yang terperangkap antara keduanya. Kekonduksian haba kaca ialah $0.8 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Kekonduksian bagi udara pula ialah $0.03 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Koefisien pemindahan haba perolakan di dalam bilik ialah $10 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ dan di luar rumah ialah $50 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$.
- (i) Tentukan kadar kemasukan haba ke dalam bilik setiap meter persegi permukaan kaca jika perbezaan suhu ialah 50°C di antara suhu bilik dengan suhu di luar rumah. Suhu di luar rumah adalah lebih tinggi dari suhu di dalam bilik.

- (ii) Bandingkan pula dengan keadaan apabila tingkap hanya ada sekeping kaca, tebal 5 mm.

(50 markah)

- (b) Suatu dinding rumah dibina dengan menggunakan bata merah tebal 10 cm ($k_b = 0.7 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$) diikuti dengan 5 cm plaster gipsum ($k_p = 0.48 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$). Kira tebal penebat dari jenis *rock-wool* ($k_r = 0.065 \text{ W/m. } ^\circ\text{C}$) yang diperlukan untuk mengurangkan kehilangan atau kemasukan haba melalui dinding ke dalam rumah sehingga 80 peratus.

(50 markah)

4. (a) Jelaskan mengenai setiap sebutan yang terdapat dalam persamaan Seider dan Tate berikut:

$$\text{Nu} = 0.027 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{0.333} (\mu_b / \mu_w)^{0.14}$$

(20 markah)

- (b) Pada suatu alat penukar haba satu laluan jenis petala dan tiub terdapat 50 tiub dinding nipis kekonduksian tinggi. Panjang tiub ialah 8 m dan garis pusat dalaman ialah 2 cm. Air lalu dalam tiub pada kadar 5 kg/s sementara stim terkondensasi di bahagian petala. Air dipanaskan dari suhu $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ ke $80 \text{ } ^\circ\text{C}$. Suhu stim dan kondensat ialah $120 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- (i) Lukis dan labelkan profil suhu penukar haba ini.
- (ii) Kira koefisien pemindahan haba keseluruhan, U.
- (iii) Gunakan persamaan Seider dan Tate untuk mengira koefisien pemindahan haba bahagian tiub, h_i (*tube side heat transfer coefficient*). Anggarkan nilai sifat termofizik air dengan menggunakan Lampiran 3.

- (iv) Dari jawapan pada bahagian (ii) dan (iii), dan dengan mengandaikan faktor kotoran (*fouling*) di bahagian tiub dan di bahagian petala masing-masing pada nilai yang sama iaitu $0.00018 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ maka kira koefisien pemindahan haba bahagian petala, h_o .

(80 markah)

5. Etil alkohol (muatan haba spesifik = 3840 J/kg.K) mengalir pada kadar $30,000 \text{ kg/h}$ untuk disejukkan dari 78°C kepada 44°C . Penukar haba jenis 1 laluan petala dan 2 laluan tiub yang terdiri dari 35 tiub untuk satu laluan digunakan. Tiub dibuat dari besi keluli (kekonduksian haba = 19 W/m.K). Bagi setiap satu tiub garispusat luar ialah 33 mm dan garispusat dalam 26 mm serta panjang keseluruhan untuk kedua-dua laluan ialah 15 m . Air penyejuk (muatan haba spesifik = 4179 J/kg.K) dibekalkan pada 9°C dan mengalir pada kadar $24,665 \text{ kg/h}$.

- (a) Lukis dan labelkan profil suhu untuk sistem ini. Kira suhu keluar air penyejuk. Nyatakan andaian anda dalam pengiraan ini.
- (b) Air akan dilalukan dalam semua tiub. Luas keratan rentas setiap tiub ialah $5.309 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Dengan menggunakan persamaan Colburn di bawah, tunjukkan bahawa koefisien pemindahan haba bahagian tiub, h_i ialah pada anggaran $1700 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Cari nilai termofizik air yang diperlukan untuk pengiraan ini dari Lampiran 3.
- (c) Koefisien pemindahan haba perolakan di bahagian petala, h_o ialah $900 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Faktor kotoran (*fouling*) di dalam dan luar tiub masing-masing ialah $0.00018 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Kira koefisien pemindahan haba keseluruhan, U_o berdasarkan luas luar tiub.
- (d) Dengan menggunakan carta faktor pembetulan untuk sistem 1 laluan petala dan 2 laluan tiub yang diberi (Lampiran 4), kira jumlah luas permukaan, A_o yang diperlukan. Adakah luas penukar haba yang disediakan mencukupi untuk tugas ini?

(100 markah)

Persamaan Colburn

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.333}$$

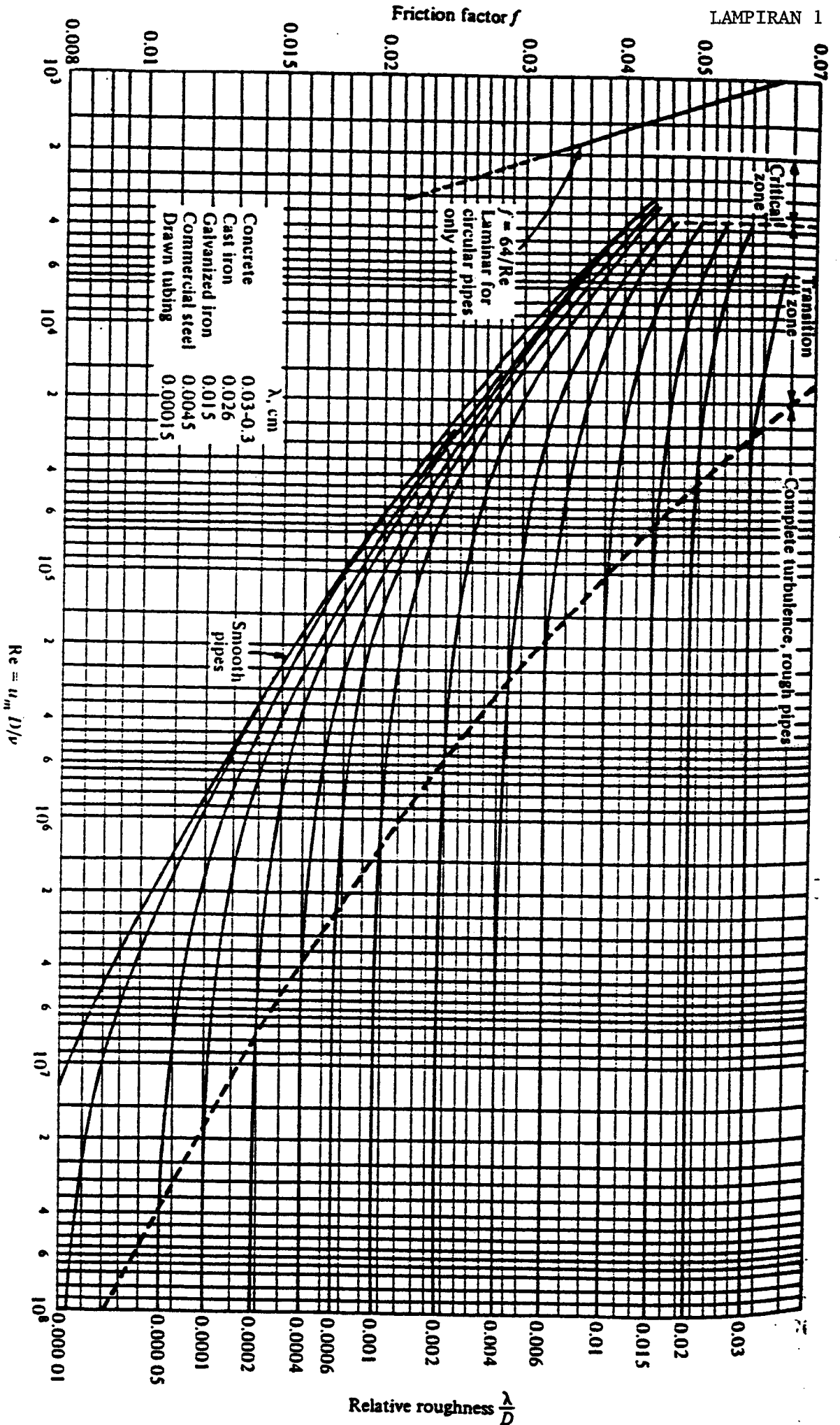


Figure 7-11 Friction factor for use in the relation $\Delta P = f(L/D) (\rho u_m^2 / 2)$ for pressure drop for flow inside circular pipes. (From Moody [57].)

Saturated Water and Steam

t °C	p_s bar	v_g m ³ /kg	h_f	h_{fg} kJ/kg	h_g	S_f	S_{fg}	S_g kJ/kg K
0.01	0.006112	206.1	0*	2500.8	2500.8	0†	9.155	9.155
1	0.006566	192.6	4.2	2498.3	2502.5	0.015	9.113	9.128
2	0.007054	179.9	8.4	2495.9	2504.3	0.031	9.071	9.102
3	0.007575	168.2	12.6	2493.6	2506.2	0.046	9.030	9.076
4	0.008129	157.3	16.8	2491.3	2508.1	0.061	8.989	9.050
5	0.008719	147.1	21.0	2488.9	2509.9	0.076	8.948	9.024
6	0.009346	137.8	25.2	2486.6	2511.8	0.091	8.908	8.999
7	0.01001	129.1	29.4	2484.3	2513.7	0.106	8.868	8.974
8	0.01072	121.0	33.6	2481.9	2515.5	0.121	8.828	8.949
9	0.01147	113.4	37.8	2479.6	2517.4	0.136	8.788	8.924
10	0.01227	106.4	42.0	2477.2	2519.2	0.151	8.749	8.900
11	0.01312	99.90	46.2	2474.9	2521.1	0.166	8.710	8.876
12	0.01401	93.83	50.4	2472.5	2522.9	0.180	8.671	8.851
13	0.01497	88.17	54.6	2470.2	2524.8	0.195	8.633	8.828
14	0.01597	82.89	58.8	2467.8	2526.6	0.210	8.594	8.804
15	0.01704	77.97	62.9	2465.5	2528.4	0.224	8.556	8.780
16	0.01817	73.38	67.1	2463.1	2530.2	0.239	8.518	8.757
17	0.01936	69.09	71.3	2460.8	2532.1	0.253	8.481	8.734
18	0.02063	65.08	75.5	2458.4	2533.9	0.268	8.444	8.712
19	0.02196	61.34	79.7	2456.0	2535.7	0.282	8.407	8.689
20	0.02337	57.84	83.9	2453.7	2537.6	0.296	8.370	8.666
21	0.02486	54.56	88.0	2451.4	2539.4	0.310	8.334	8.644
22	0.02642	51.49	92.2	2449.0	2541.2	0.325	8.297	8.622
23	0.02808	48.62	96.4	2446.6	2543.0	0.339	8.261	8.600
24	0.02982	45.92	100.6	2444.2	2544.8	0.353	8.226	8.579
25	0.03166	43.40	104.8	2441.8	2546.6	0.367	8.190	8.557
26	0.03360	41.03	108.9	2439.5	2548.4	0.381	8.155	8.536
27	0.03564	38.81	113.1	2437.2	2550.3	0.395	8.120	8.515
28	0.03778	36.73	117.3	2434.8	2552.1	0.409	8.085	8.494
29	0.04004	34.77	121.5	2432.4	2553.9	0.423	8.050	8.473
30	0.04242	32.93	125.7	2430.0	2555.7	0.436	8.016	8.452
32	0.04754	29.57	134.0	2425.3	2559.3	0.464	7.948	8.412
34	0.05318	26.60	142.4	2420.5	2562.9	0.491	7.881	8.372
36	0.05940	23.97	150.7	2415.8	2566.5	0.518	7.814	8.332
38	0.06624	21.63	159.1	2411.0	2570.1	0.545	7.749	8.294
40	0.07375	19.55	167.5	2406.2	2573.7	0.572	7.684	8.256
42	0.08198	17.69	175.8	2401.4	2577.2	0.599	7.620	8.219
44	0.09100	16.03	184.2	2396.6	2580.8	0.625	7.557	8.182
46	0.1009	14.56	192.5	2391.8	2584.3	0.651	7.494	8.145
48	0.1116	13.23	200.9	2387.0	2587.9	0.678	7.433	8.111
50	0.1233	12.04	209.3	2382.1	2591.4	0.704	7.371	8.075
55	0.1574	9.578	230.2	2370.1	2600.3	0.768	7.223	7.991
60	0.1992	7.678	251.1	2357.9	2609.0	0.831	7.078	7.909
65	0.2501	6.201	272.0	2345.7	2617.7	0.893	6.937	7.830
70	0.3116	5.045	293.0	2333.3	2626.3	0.955	6.800	7.755
75	0.3855	4.133	313.9	2320.8	2634.7	1.015	6.666	7.681
80	0.4736	3.408	334.9	2308.3	2643.2	1.075	6.536	7.611
85	0.5780	2.828	355.9	2295.6	2651.5	1.134	6.410	7.544
90	0.7011	2.361	376.9	2282.8	2659.7	1.192	6.286	7.478
95	0.8453	1.982	398.0	2269.8	2667.8	1.250	6.166	7.416
100	1.01325	1.673	419.1	2256.7	2675.8	1.307	6.048	7.355

† and * See page 3 for footnotes

NOTA: 1 bar = 10⁵ N/m²

TABLE A-9
Properties of water (saturated liquid)†

Note: $Gr_{x,Pr} = \left(\frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$

°F	°C	c_p , kJ/kg·°C	ρ , kg/m ³	μ , kg/m·s	k , W/m·°C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k}$, 1/m ³ ·°C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

† Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

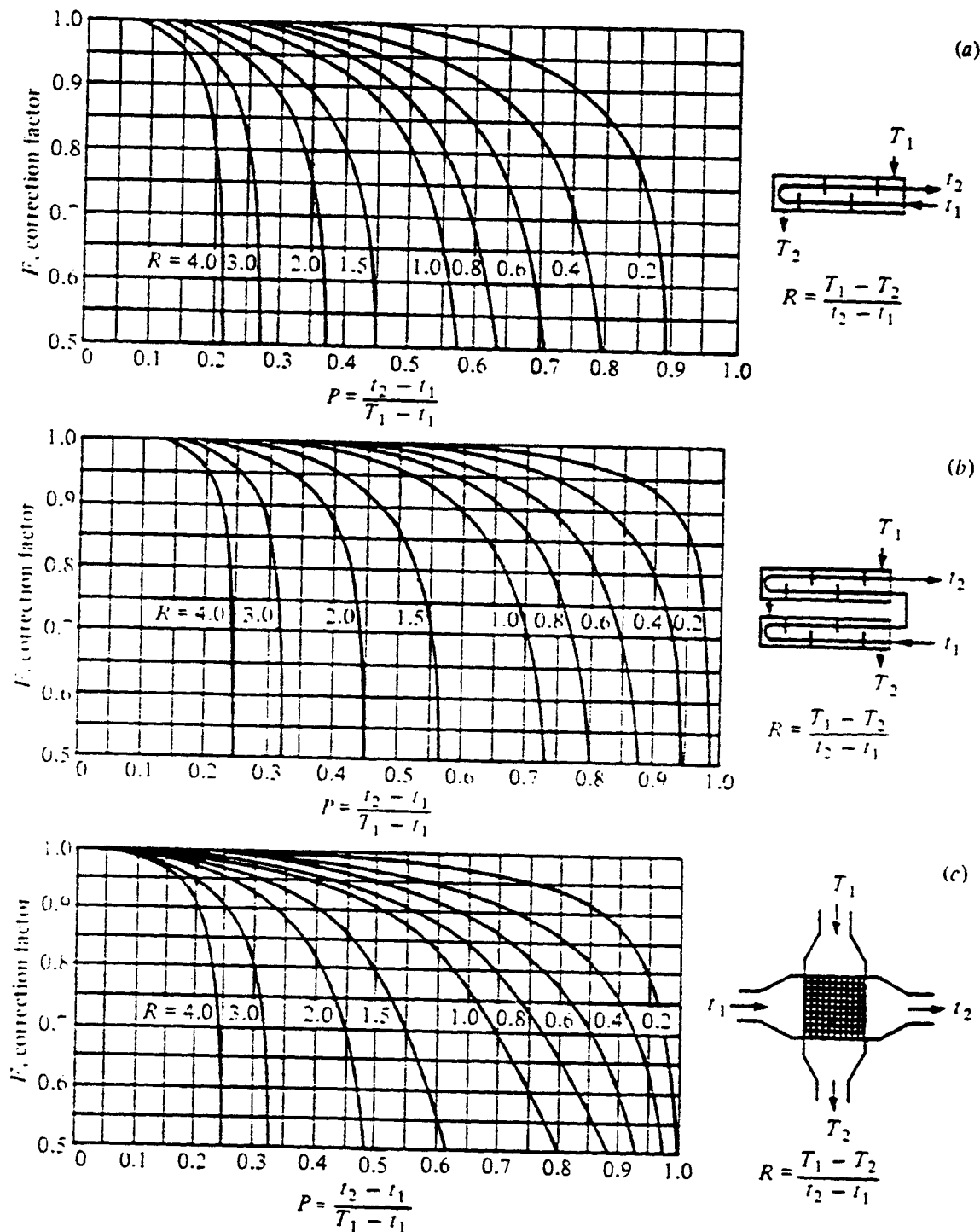


Figure 11-16 Correction factor F for computing $\Delta T_{corrected}$ for multipass and cross-flow exchangers. (a) One shell pass and two tube pass or multiple of two tube pass; (b) two shell pass and four tube pass or multiple of four tube pass; (c) single-pass, cross-flow, both fluids unmixed. (From Bowman, Mueller, and Nagle [45].)