

WYBRANE TABLICE CIEPLNE

(materiały pomocnicze do ćwiczeń z Termodynamiki i Wymiany Ciepła)

Kraków 2006

Spis treści

Tablica 1.	Zestawienie wzorów obowiązujących w przemianach charakterystycznych dowolnych czynników	2
Tablica 2.	Termiczne i kaloryczne równania stanu gazu doskonałego	2
Tablica 3.	Molowe ciepło właściwe M_{c_v} , M_{c_p} i stosunek $\kappa = M_{c_p}/M_{c_v}$ gazów doskonałych	2
Tablica 4.	Zestawienie wzorów obowiązujących w przemianach charakterystycznych gazu doskonałego	2
Tablica 5.	Parametry określające stan wody na linii granicznej $x=0$ i $x=1$ (uszeregowane według ciśnienia)	3
Tablica 6.	Parametry określające stan wody na linii granicznej $x=0$ i $x=1$ (uszeregowane według temperatury)	4
Tablica 7.	Wybrane równania kryterialne dla konwekcji swobodnej..... (w przestrzeni nieograniczonej i w przestrzeni ograniczonej	5
Tablica 8.	Wybrane równania kryterialne dla konwekcji swobodnej przy wrzeniu (pęcherzykowym)	5
Tablica 9.	Wybrane równania kryterialne dla konwekcji swobodnej przy skraplaniu	5
Tablica 10.	Wybrane równania kryterialne dla konwekcji wymuszonej	6
	(wnikanie ciepła wewnątrz przewodu kołowego i pierścieniowego, wnikanie ciepła z zewnątrz do płyty, walca i pęczka rur)	
Tablica 11.	Właściwości fizyczne suchego powietrza przy ciśnieniu 0,1013 MPa	7
Tablica 12.	Właściwości fizyczne wody przy ciśnieniu nasycenia.....	7
Tablica 13.	Promieniowanie ciepłe (współczynniki konfiguracji).....	8

Literatura podstawowa i źródłowa

1. Styrylska T., Termodynamika, Wydawnictwo PK, Kraków, 2004
2. Szargut J., Termodynamika, PWN, Warszawa, 1998
3. Domański R. i in., Wybrane zagadnienia z termodynamiki w ujęciu komputerowym, PWN, Warszawa, 2000
4. Kostowski E., Przepływ ciepła, Wydawnictwo PŚ, Gliwice, 2000
5. Kostowski E. (red.), Zbiór zadań z przepływu ciepła, Wydawnictwo PŚ, Gliwice, 2003
6. Zarzycki R., Wymiana ciepła i ruch masy w inżynierii środowiska, WNT, Warszawa, 2005
7. Chapman A.J., Heat Transfer, The Macmillan Company, New York, 1960
8. Whitaker S., Elementary Heat Transfer Analysis, Pergamon Press, New York, 1976

Tablica 1. Zestawienie wzorów obowiązujących w przemianach charakterystycznych dowolnych czynników

Rodzaj procesu	Praca bezwzględna $L_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} p dV$	Praca techniczna $L_{t1-2} = - \int_{p_1}^{p_2} V dp$ $L_{t1-2} = L_{1-2} + p_1 V_1 - p_2 V_2$	Ciepło $Q_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} T dS$
izobaryczny ($p = \text{const}$) $p_1 = p_2$	$L_{1-2} = p (V_2 - V_1)$	$L_{t1-2} = 0$	$Q_{1-2} = l_2 - l_1$
izochoryczny ($v = \text{const}$) $v_1 = v_2$	$L_{1-2} = 0$	$L_{t1-2} = -V (p_2 - p_1)$	$Q_{1-2} = U_2 - U_1$
izotermiczny ($T = \text{const}$) $T_1 = T_2$	$L_{1-2} = Q_{1-2} - (U_2 - U_1)$	$L_{t1-2} = Q_{1-2} - (l_2 - l_1)$	$Q_{1-2} = T (S_2 - S_1)$
izentropowy ($s = \text{const}$) (adiabatyczny odwracalny) $S_1 = S_2$	$L_{1-2} = -(U_2 - U_1)$	$L_{t1-2} = -(l_2 - l_1)$	$Q_{1-2} = 0$
politropowy	$L_{1-2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{n-1}$ $L_{1-2} = \frac{p_1 V_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$	$L_{t1-2} = n L_{1-2}$	$Q_{1-2} = U_2 - U_1 + L_{1-2}$ $Q_{1-2} = l_2 - l_1 + L_{t1-2}$

Tablica 2. Termiczne i kaloryczne równania stanu gazu doskonałego

Równanie Clapeyrona	$p v = R T$ $p V = m R T$
Kaloryczne równania stanu	$U = m c_v T + \text{const}$ $l = m c_p T + \text{const}$

Tablica 3. Molowe ciepło właściwe M_{c_v} , M_{c_p} i stosunek $\kappa = M_{c_p} / M_{c_v}$ gazów doskonałych

Gaz doskonały	M_{c_v} [kJ/(kmol · K)]	M_{c_p} [kJ/(kmol · K)]	$\kappa = M_{c_p} / M_{c_v}$
jednoatomowy	$3/2 (MR) \approx 12,5$	$5/2 (MR) \approx 20,8$	$5/3 \approx 1,667$
dwuatomowy	$5/2 (MR) \approx 20,8$	$7/2 (MR) \approx 29,1$	$7/5 \approx 1,4$
trój- i wieloatomowy	$6/2 (MR) \approx 24,9$	$8/2 (MR) \approx 33,3$	$8/6 \approx 1,333$

Tablica 4. Zestawienie wzorów obowiązujących w przemianach charakterystycznych gazu doskonałego

Proces	Równanie procesu	Praca bezwzględna L_{1-2}	Praca techniczna L_{t1-2}	Ciepło Q_{1-2}
izobaryczny	$p = \text{const}$ $\frac{v}{T} = \text{const}$	$L_{1-2} = p (V_2 - V_1)$ $L_{1-2} = m R (T_2 - T_1)$	$L_{t1-2} = 0$	$Q_{1-2} = m c_p (T_2 - T_1)$
izochoryczny	$v = \text{const}$ $\frac{p}{T} = \text{const}$	$L_{1-2} = 0$	$L_{t1-2} = -V (p_2 - p_1)$ $L_{t1-2} = -m R (T_2 - T_1)$	$Q_{1-2} = m c_v (T_2 - T_1)$
izotermiczny	$T = \text{const}$ $p v = \text{const}$	$L_{1-2} = L_{t1-2} = Q_{1-2} = m R T \ln \frac{p_1}{p_2} = m R T \ln \frac{V_2}{V_1}$		
izentropowy	$s = \text{const}$ $p v^\kappa = \text{const}$ $T v^{\kappa-1} = \text{const}$ $\frac{T}{p^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} = \text{const}$	$L_{1-2} = -m c_v (T_2 - T_1)$ $L_{1-2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\kappa - 1}$ $L_{1-2} = \frac{p_1 V_1}{\kappa - 1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]$	$L_{t1-2} = -m c_p (T_2 - T_1)$ $L_{t1-2} = \kappa L_{1-2}$	$Q_{1-2} = 0$
politropowy	$p v^n = \text{const}$ $T v^{n-1} = \text{const}$ $\frac{T}{p^{\frac{n-1}{n}}} = \text{const}$	$L_{1-2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{n-1}$ $L_{1-2} = -\frac{m R}{n-1} (T_2 - T_1)$	$L_{t1-2} = n L_{1-2}$	$Q_{1-2} = m c_v \frac{n-\kappa}{n-1} (T_2 - T_1)$

Tablica 7. Wybrane równania kryterialne dla konwekcji swobodnej

liczba *Nusselta* $Nu = \frac{\alpha L}{\lambda}$ liczba *Grashoffa* $Gr = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu^2}$ liczba *Prandtla* $Pr = \frac{\nu}{a}$

Wnikanie ciepła w przestrzeni nieograniczonej

$$Nu = C (Gr Pr)^n$$

Charakter przepływu	Zakres	C	n
brak (przewodzenie)	$Gr Pr < 10^{-3}$	0,5	0
laminarny	$10^{-3} \leq Gr Pr \leq 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125
przejściowy	$5 \cdot 10^2 \leq Gr Pr \leq 2 \cdot 10^7$	0,54	0,250
turbulentny	$Gr Pr > 2 \cdot 10^7$	0,135	0,333

Uwaga: właściwości fizyczne płynu określa się w temperaturze średniej płynu i powierzchni $T_m = (T_r + T_w)/2$

Wnikanie ciepła w przestrzeni zamkniętej

$$\frac{\lambda_e}{\lambda} = C (Gr Pr)^n$$

Charakter przepływu	Zakres	C	n
brak (przewodzenie)	$Gr Pr < 10^3$	1	0
laminarny	$10^3 \leq Gr Pr \leq 10^6$	0,105	0,3
turbulentny	$Gr Pr > 10^6$	0,4	0,2

Uwaga: właściwości fizyczne płynu określa się w temperaturze średniej powierzchni $T_m = (T_1 + T_2)/2$

Tablica 8. Wybrane równania kryterialne wnikania ciepła przy wrzeniu (pęcherzykowym) w warunkach konwekcji swobodnej

liczba *Nusselta* $Nu = \frac{\alpha L}{\lambda'}$ liczba *Reynoldsa* $Re = \dot{q} \frac{L}{r \rho'' \nu'}$ liczba *Prandtla* $Pr = \frac{\nu'}{a'}$

wymiar *charakterystyczny* $L = \frac{c' \rho' \sigma T_s}{(r \rho'')^2}$

liczba *wrzenia* $K = \frac{\lambda' \Delta T}{r \rho'' \nu'}$ liczba *Archimedes* $Ar = \frac{g L^3 \rho' - \rho''}{(\nu')^2 \rho'}$

dla znanego strumienia ciepła $Nu = C Re^A Pr^B$

Zakres	C	A	B
$Re \leq 0,01$	0,0625	0,50	0,33
$Re > 0,01$	0,1250	0,65	0,33

zakres stosowalności: $0,86 \leq Pr \leq 7,6$
 $10^{-5} \leq Re \leq 10^4$

dla znanej różnicy temperatur $Nu = C K^A Pr^B$

Zakres	C	A	B
$K Pr^{0,33} \leq 1,6$	$3,91 \cdot 10^{-3}$	0,667	1,00
$K Pr^{0,33} > 1,6$	$2,63 \cdot 10^{-3}$	0,952	1,86

$0,05 \leq K Pr^{0,33} \leq 200$
 $0,045 \leq p \leq 175 \text{ bar}$

krytyczny strumień ciepła (I kryzys wrzenia) $\dot{q}_{K1} = Re_{K1} \frac{r \rho'' \nu'}{L}$ dla $Re_{K1} = 68 Ar^{4/9} Pr^{-1/3}$

Uwaga: właściwości fizyczne cieczy (') określa się w temperaturze powierzchni grzanej T_w , pary ('') w temperaturze nasycenia T_s .

Tablica 9. Wybrane równania kryterialne wnikania ciepła przy skraplaniu

liczba *Nusselta* $Nu = \frac{\alpha L}{\lambda'}$ liczba *Galileusza* $Ga = \frac{g L^3}{(\nu')^2}$ liczba *Prandtla* $Pr = \frac{\nu'}{a'}$

liczba *kondensacji* $K = \frac{r}{c_p' \Delta T}$

Kondensacja błonowa

$$Nu = C (Ga K Pr)^n$$

		Zakres	C	n
rura pozioma o średnicy d	$L = d$		0,725	0,25
rura i ściana pionowa o wysokości H	$L = H$	$Ga K Pr \leq 10^5$	1,13	0,25
		$Ga K Pr > 10^5$	0,068	0,33

Uwaga: właściwości fizyczne płynu określa się w temperaturze średniej płynu i powierzchni $T_m = (T_r + T_w)/2$

Tablica 10. Wybrane równania kryterialne dla konwekcji wymuszonej

liczba *Nusselta* $Nu = \frac{\alpha L}{\lambda}$ liczba *Reynoldsa* $Re = \frac{w L}{\nu}$ liczba *Prandtla* $Pr = \frac{\nu}{a}$

Wnikanie ciepła wewnątrz przewodu kołowego

Charakter przepływu (zakres)	Wzór
laminarny ($Re \leq 2 \cdot 10^3$)	$Nu = 1,86 \left(Re Pr \frac{d}{L_r} \right)^{0,33} \varepsilon_t \varepsilon_{L_r} \varepsilon_R$ $\varepsilon_t = (\mu_f / \mu_w)^{0,14}$
przejściowy ($2 \cdot 10^3 < Re < 10^4$) i turbulentny ($10^4 \leq Re < 5 \cdot 10^6$)	$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \varepsilon_t \varepsilon_{L_r} \varepsilon_R$ $\varepsilon_t = (Pr_f / Pr_w)^a$ dla cieczy $\varepsilon_t = (T_f / T_w)^b$ dla gazów dla ogrzewania płynu ($t_w > t_f$): $a = 0,25$ $b = 0,5$ dla chłodzenia płynu ($t_f > t_w$): $a = 0,11$ $b = 0$

Wnikanie ciepła wewnątrz przewodu pierścieniowego

Charakter przepływu (zakres)	Wzór
turbulentny ($Re > 10^4$)	$Nu_z = 0,015 Re^{0,8} Pr^{0,4} \varepsilon_t \varepsilon_{L_r}$ $\varepsilon_t = (\mu_f / \mu_w)^{0,14}$ $Nu_w = (d_z / d_w)^{0,45} Nu_z$

pozostałe poprawki ε_{L_r} i ε_R dla przewodu kołowego i pierścieniowego

$$\varepsilon_L = \begin{cases} (50 \cdot d / L_r)^{\frac{1,87}{Re^{0,293}}} & \text{dla } 0,5 \leq L_r / d \leq 50 \\ 1 & \text{dla } L_r / d > 50 \end{cases}$$

$$\varepsilon_R = 1 + 1,77 (d / R)^{-0,5} \quad \text{dla } 11,6 (d / 2R)^{-0,5} \leq Re \leq 18500 (d / 2R)^{0,28}$$

Wnikanie ciepła z zewnątrz do płyty, walca i pęczka rur

$$Nu = C Re^A Pr^B \varepsilon_t \varepsilon_\Psi$$

Przepływ równoległy wzdłuż płaskiej płyty

Charakter przepływu	Zakres	C	A	B
laminarny	$Re \leq 5 \cdot 10^5$	0,664	0,5	0,33
turbulentny	$Re > 5 \cdot 10^5$	0,0366	0,8	0,33

$$\varepsilon_\Psi = 1 \quad \varepsilon_t = (Pr_f / Pr_w)^{0,25}$$

Przepływ poprzeczny do pojedynczego walca kołowego

Charakter przepływu	Zakres	C	A	B
laminarny	$10 < Re \leq 10^3$	0,59	0,47	0,38
turbulentny	$10^3 \leq Re < 2 \cdot 10^5$	0,21	0,62	0,38

$\Psi [^\circ]$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ε_Ψ	1,00	1,00	0,98	0,94	0,87	0,76	0,66	0,60	0,56

$$\varepsilon_t = (Pr_f / Pr_w)^{0,25}$$

Przepływ poprzeczny do pęczka rur

Układ rur	Zakres	C	A	B
szeregowy	$200 \leq Re \leq 2 \cdot 10^5$	0,23	0,65	0,33
przestawny		0,41	0,60	0,33

$\Psi [^\circ]$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ε_Ψ	1,00	1,00	0,98	0,94	0,88	0,78	0,67	0,52	0,42

$$\varepsilon_t = (Pr_f / Pr_w)^{0,25}$$

Uwaga: właściwości fizyczne płynu określa się w temperaturze płynu T_f

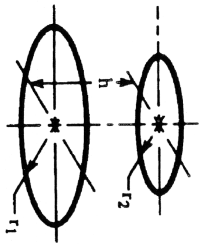
Tablica 11. Właściwości fizyczne suchego powietrza przy ciśnieniu 0,1013 MPa

Temperatura	Gęstość	Ciepło właściwe	Współczynnik przewodzenia ciepła	Współczynnik dyfuzyjności cieplnej	Współczynnik lepkości dynamicznej	Współczynnik lepkości kinematycznej	Liczba Prandtla
t	ρ	c_p	$\lambda \cdot 10^2$	$a \cdot 10^6$	$\mu \cdot 10^6$	$\nu \cdot 10^6$	Pr
°C	kg/m ³	kJ/(kg·K)	W/(m·K)	m ² /s	N·s/m ²	m ² /s	–
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,713
900	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,1	0,719
1100	0,257	1,197	8,50	276,2	51,2	199,3	0,722
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,7	0,724

Tablica 12. Właściwości fizyczne wody przy ciśnieniu nasycenia

Temperatura	Ciśnienie	Gęstość	Ciepło właściwe	Współczynnik przewodzenia ciepła	Współczynnik dyfuzyjności cieplnej	Współczynnik lepkości dynamicznej	Współczynnik lepkości kinematycznej	Współczynnik rozszerzalności	Napięcie powierzchniowe	Liczba Prandtla
t	p	ρ	c_p	$\lambda \cdot 10^2$	$a \cdot 10^8$	$\mu \cdot 10^6$	$\nu \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^4$	$\sigma \cdot 10^4$	Pr
°C	MPa	kg/m ³	kJ/(kg·K)	W/(m·K)	m ² /s	N·s/m ²	m ² /s	1/K	N/m	–
0,01	0,00061	999,9	4,212	55,1	13,1	1788,0	1,789	-0,63	756,4	13,67
10	0,00123	999,7	4,191	57,4	13,7	1306,0	1,306	0,70	741,6	9,52
20	0,00234	998,2	4,183	59,9	14,3	1004,0	1,006	1,82	726,9	7,02
30	0,00424	995,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	3,21	712,2	5,42
40	0,00737	992,2	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	3,87	696,5	4,31
50	0,01234	988,1	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	4,49	676,9	3,54
60	0,01992	983,2	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	5,11	662,2	2,98
70	0,03117	977,8	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	5,70	643,5	2,55
80	0,04736	971,8	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	6,32	625,9	2,21
90	0,07011	965,3	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	6,95	607,2	1,95
100	0,1013	958,4	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	0,143	951,0	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	0,198	943,1	4,250	68,6	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,47
130	0,270	934,8	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,36
140	0,361	926,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	0,476	917,0	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	0,618	907,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	0,792	897,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	1,003	886,9	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,00
190	1,255	876,0	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,96
200	1,555	863,0	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
210	1,908	852,8	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	2,320	840,3	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,89
230	2,798	827,3	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	3,348	813,6	4,756	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	3,978	799,0	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,86
260	4,694	784,0	4,949	60,5	15,6	105,9	0,135	19,7	237,4	0,87
270	5,505	767,9	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	214,8	0,88
280	6,419	750,7	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	191,3	0,90
290	7,445	732,3	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26,2	168,7	0,93
300	8,592	712,5	5,736	54,0	13,2	91,2	0,128	29,2	144,2	0,97
310	9,870	691,1	6,071	52,3	12,5	88,3	0,128	32,9	120,7	1,03
320	11,290	667,1	6,574	50,6	11,5	85,3	0,128	38,2	98,10	1,11
330	12,865	640,2	7,244	48,4	10,4	81,4	0,127	43,3	76,71	1,22
340	14,608	610,1	8,165	45,7	9,17	77,5	0,127	53,4	56,70	1,39
350	16,537	574,4	9,504	43,0	7,88	72,6	0,126	66,8	38,16	1,60
360	18,674	528,0	13,984	39,5	5,36	66,7	0,126	109,0	20,21	2,35
370	21,053	450,5	40,321	33,7	1,86	56,9	0,126	264,0	4,71	6,79

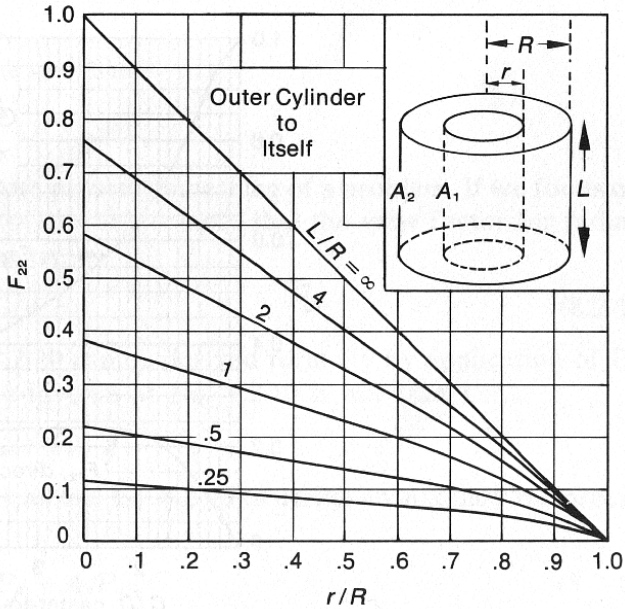
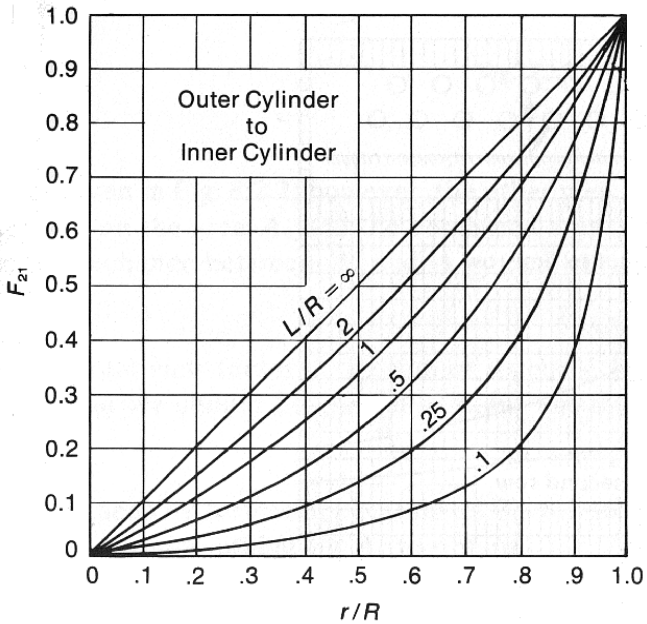
Dla t < 100 °C właściwości fizyczne wody podano przy p = 0,1013 MPa



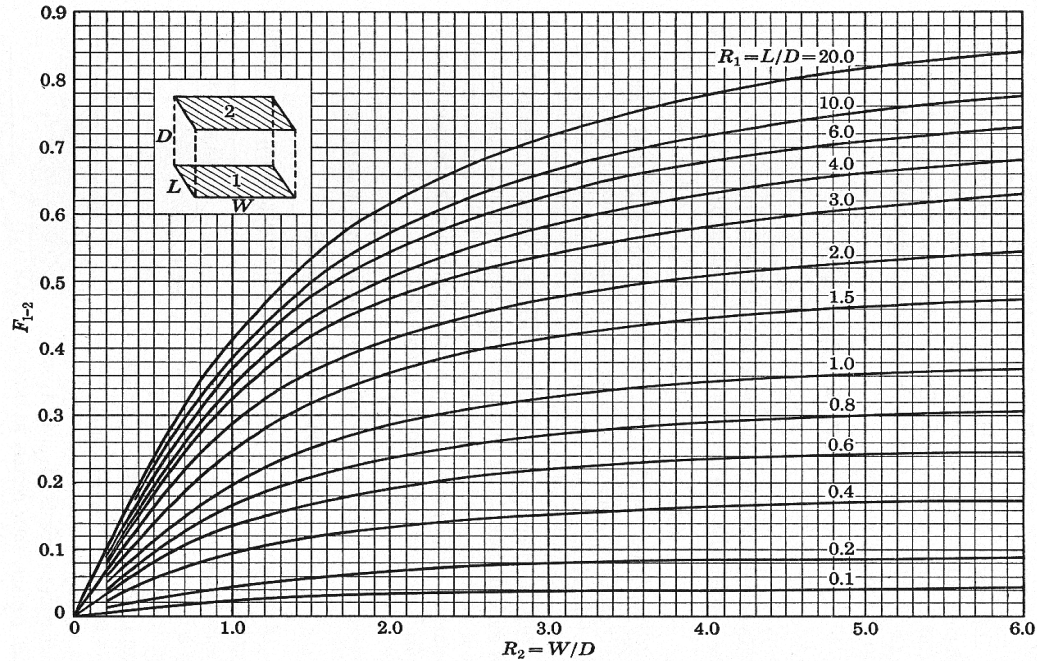
$$F_{1-2} = \frac{1}{2} \left[X - \sqrt{X^2 - 4(R_2/R_1)^2} \right]$$

$$R_1 = r_1/h, \quad R_2 = r_2/h, \quad X = 1 + (1 + R_2^2)/R_1^2$$

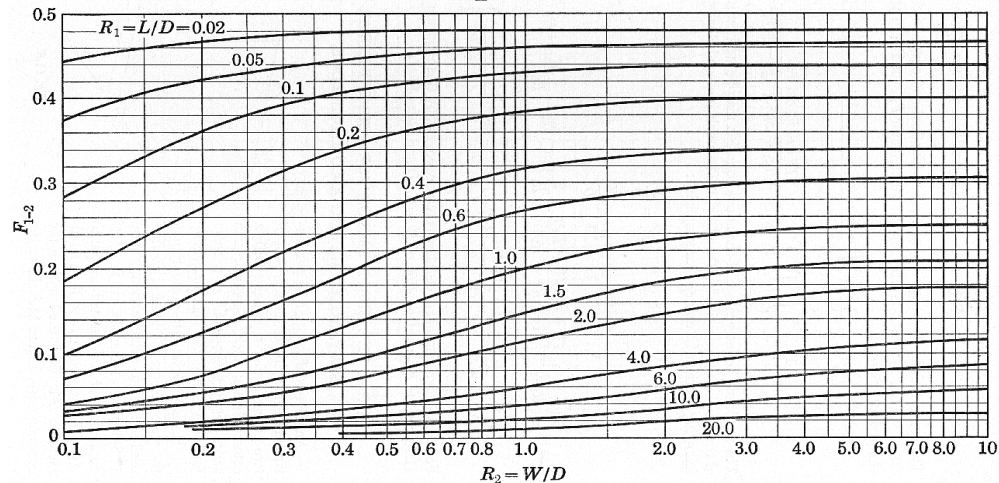
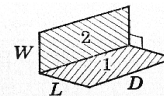
Współczynnik konfiguracji dla dwóch równoległych płyt kołowych



Współczynnik konfiguracji dla dwóch współosiowych powierzchni cylindrycznych



Współczynnik konfiguracji dla dwóch równoległych płyt



Współczynnik konfiguracji dla prostokątnych płyt o wspólnej krawędzi