

Tabella A.1 – Parametri al punto triplo di alcune sostanze
 A Course in Thermodynamics, Mc Graw Hill, 1979).

SOSTANZA	T K	P Pa
Acqua, H_2O	273,16	$6,11 \cdot 10^2$
Ammoniac, NH_3	195,40	$6,06 \cdot 10^3$
Anidride carbonica, CO_2	216,55	$5,17 \cdot 10^5$
Anidride solforosa, SO_2	197,68	$1,67 \cdot 10^2$
Azoto, N_2	63,18	$1,25 \cdot 10^4$
Idrogeno, H_2	13,84	$7,02 \cdot 10^3$
Neon, Ne	24,57	$4,31 \cdot 10^4$
Ossido di carbonio, CO	68,10	$2,03 \cdot 10^3$
Ossigeno, O_2	54,36	$1,52 \cdot 10^2$

Tabella A.2 – Parametri critici di alcune sostanze. (Elaborata da E.F. Obert, R.A. Gaggioli, Thermodynamics, 1963 Mc Graw-Hill). $z_c = p_c v_c / RT_c$.

SOSTANZA	T_c K	$p_c \cdot 10^{-5}$ Pa	$v_c \cdot 10^3$ $\frac{m^3}{kg}$	z_c —
Acetilene, C_2H_2	309,5	62,4	4,33	0,274
Acqua, H_2O	647,3	221,1	3,11	0,230
Ammoniac, NH_3	405,4	112,8	4,26	0,243
Anidride carbonica, CO_2	304,2	73,9	2,13	0,275
Anidride solforosa, SO_2	430,7	78,8	1,92	0,269
Argon, Ar	150,9	48,9	1,87	0,291
Aria	132,4	37,7	3,22	0,319
Azoto, N_2	126,2	33,9	3,21	0,291
Benzolo, C_6H_6	562,6	49,2	3,33	0,274
Elio, He	5,2	2,3	14,5	0,308
Etano, C_2H_6	305,4	48,8	4,92	0,285
Etilene, C_2H_4	283,1	51,2	4,42	0,270
Freon 12, CCl_2F_2	385,2	41,1	1,79	0,279
Idrogeno, H_2	33,2	13,0	32,5	0,304
Metano, CH_4	190,7	46,4	6,17	0,290
Neon, Ne	44,4	27,3	2,07	0,308
n-Butano, C_4H_{10}	425,2	38,0	4,39	0,274
Ossido di azoto, NO	179,2	65,9	1,93	0,256
Ossido di carbonio, CO	132,9	35,0	3,32	0,294
Ossigeno, O_2	154,8	50,8	2,31	0,292
Propano, C_3H_8	370,0	42,7	4,53	0,277

Tabella A.3 – Proprietà termodinamiche dell'acqua in condizioni di liquido saturo e vapore saturo secco. Variabile indipendente: temperatura - (J. Kestin, A course in Thermodynamics, Mc Graw Hill 1979).

Temp.	Press.	Vol. spec.	Entropia specifica			Entalpia specifica			Energia interna specifica			
T °C	p bar	v_f dm ³ /kg	v_{fg} m ³ /kg	s_f kJ/kgK	s_{fg} kJ/kgK	$s_{fg} - s_f$ kJ/kgK	h_f kJ/kg	h_{fg} kJ/kg	$h_{fg} - h_f$ kJ/kg	u_f kJ/kg	u_{fg} kJ/kg	$u_{fg} - u_f$ kJ/kg
0	0.006107	1.0002	206.3	0	9.1545	9.1545	0.00	2500.5	2500.5	0	2374.5	2374.5
5	0.008722	1.0000	147.1	0.0764	9.0234	8.9470	21.05	2509.7	2488.6	21.05	2360.4	2339.3
10	0.012275	1.0002	106.4	0.1511	8.8985	8.7474	42.03	2518.9	2476.9	42.03	2388.3	2346.3
15	0.017045	1.0008	77.96	0.2244	8.7793	8.5549	62.96	2528.1	2465.1	62.96	2395.2	2332.2
20	0.02337	1.0017	57.84	0.2963	8.6652	8.3689	83.86	2537.3	2453.4	83.86	2402.1	2318.2
25	0.03166	1.0029	43.41	0.3660	8.5561	8.1892	104.74	2546.4	2441.7	104.74	2409.0	2304.3
30	0.04241	1.0043	32.94	0.4364	8.4516	8.0152	125.61	2555.5	2429.9	125.61	2415.7	2290.1
35	0.05621	1.0059	25.26	0.5046	8.3514	7.8468	146.47	2564.5	2418.0	146.46	2422.5	2276.0
40	0.07374	1.0078	19.56	0.5718	8.2553	7.6835	167.34	2573.5	2406.2	167.33	2429.3	2262.0
45	0.09581	1.0099	15.28	0.6379	8.1631	7.5252	188.22	2582.4	2394.2	188.21	2436.0	2247.8
50	0.12334	1.0121	12.05	0.7031	8.0745	7.3714	209.11	2591.3	2382.2	209.10	2442.7	2233.6
55	0.15740	1.0146	9.583	0.7672	7.9893	7.2221	230.00	2600.1	2370.1	229.98	2449.3	2219.3
60	0.1992	1.0172	7.682	0.8304	7.9074	7.0770	250.91	2608.8	2357.9	250.89	2455.8	2204.9
65	0.2501	1.0200	6.205	0.8928	7.8286	6.9358	271.84	2617.4	2345.5	271.81	2462.2	2190.4
70	0.3116	1.0229	5.048	0.9542	7.7526	6.7984	292.78	2625.9	2333.1	292.75	2468.6	2175.8
75	0.3855	1.0260	4.135	1.0149	7.6794	6.6645	313.74	2634.2	2320.5	313.70	2474.8	2161.1
80	0.4736	1.0293	3.410	1.0747	7.6088	6.5341	334.72	2642.5	2307.8	334.67	2481.0	2146.3
85	0.5780	1.0327	2.829	1.1337	7.5407	6.4070	355.72	2650.7	2295.0	355.66	2487.2	2131.5
90	0.7011	1.0363	2.361	1.1920	7.4749	6.2829	376.75	2658.7	2281.9	376.68	2493.2	2116.5
95	0.8453	1.0400	1.982	1.2495	7.4114	6.1619	397.80	2666.6	2268.8	397.71	2499.1	2101.4
100	1.0132	1.0438	1.673	1.3063	7.3500	6.0437	418.88	2674.4	2255.5	418.77	2504.9	2086.1
105	1.2080	1.0479	1.419	1.3625	7.2906	5.9281	439.99	2682.1	2242.1	439.86	2510.7	2070.8
110	1.4326	1.0520	1.210	1.4179	7.2331	5.8152	461.13	2689.6	2228.5	460.98	2516.3	2055.3
115	1.6905	1.0563	1.036	1.4728	7.1775	5.7047	482.31	2697.0	2214.7	482.13	2521.9	2039.8
120	1.9853	1.0608	0.8913	1.5270	7.1236	5.5966	503.5	2704.2	2200.7	503.3	2527.3	2024.0
125	2.3208	1.0654	0.7700	1.5807	7.0714	5.4907	524.8	2711.4	2186.6	524.6	2532.7	2008.1
130	2.7011	1.0702	0.6679	1.6338	7.0208	5.3870	546.1	2718.3	2172.2	545.8	2537.9	1992.1
135	3.131	1.0751	0.5817	1.6863	6.9717	5.2854	567.5	2725.1	2157.6	567.2	2543.0	1975.8
140	3.614	1.0802	0.5084	1.7383	6.9240	5.1857	588.9	2731.8	2142.9	588.5	2548.1	1959.6
145	4.155	1.0855	0.4459	1.7899	6.8776	5.0877	610.4	2738.3	2127.9	610.0	2553.1	1943.1
150	4.760	1.0910	0.3924	1.8409	6.8325	4.9916	631.9	2744.5	2112.6	631.4	2557.7	1926.3
155	5.433	1.0966	0.3464	1.8915	6.7885	4.8970	653.5	2750.6	2097.1	652.9	2562.4	1909.5
160	6.180	1.1024	0.3068	1.9416	6.7456	4.8040	675.2	2756.5	2081.3	674.5	2566.9	1892.4
165	7.008	1.1085	0.2724	1.9913	6.7037	4.7124	696.9	2762.2	2065.3	696.1	2571.3	1875.2
170	7.920	1.1147	0.2426	2.0407	6.6628	4.6221	718.8	2767.6	2048.8	717.9	2575.5	1857.6
175	8.925	1.1211	0.2166	2.0896	6.6227	4.5331	740.7	2772.7	2032.0	739.7	2579.4	1839.7
180	10.027	1.1278	0.1939	2.1382	6.5833	4.4451	762.7	2777.6	2014.9	761.6	2583.2	1821.6
185	11.234	1.1347	0.1740	2.1864	6.5447	4.3583	784.8	2782.1	1997.3	783.3	2586.6	1803.1
190	12.552	1.1418	0.1564	2.2333	6.5067	4.2724	807.0	2786.3	1979.3	805.6	2590.0	1784.4
195	13.989	1.1491	0.1409	2.2820	6.4692	4.1872	829.4	2790.2	1960.8	827.8	2593.1	1765.3

Temp. Press.		Vol. spec.		Entropia specifica			Entalpia specifica			Energia interna specifica			
t °C	p bar	v_l dm ³ /kg	v_{vs} m ³ /kg	s_l kJ/kgK	s_{vs} kJ/kgK	$s_{vs} - s_l$ kJ/kgK	h_l J/kg	h_{vs} kJ/kg	$h_{vs} - h_l$ kJ/kg	u_l kJ/kg	u_{vs} kJ/kg	$u_{vs} - u_l$ kJ/kg	u_l kJ/kg
200	15.551	1.1568	0.1273	4.3293	6.4322	4.1029	851.8	2793.7	1941.9	850.0	2595.7	1745.7	
205	17.245	1.1647	0.1151	2.3764	6.3955	4.0191	874.4	2796.8	1922.4	872.4	2598.3	1725.9	
210	19.080	1.1729	0.1043	2.4232	6.3593	3.9361	897.1	2799.4	1902.3	894.9	2600.4	1705.5	
215	21.063	1.1814	0.09471	2.4698	6.3233	3.8535	920.0	2801.7	1881.7	917.5	2602.3	1684.8	
220	23.201	1.1903	0.08611	2.5162	6.2875	3.7713	943.0	2803.4	1860.4	940.2	2603.6	1663.4	
225	25.504	1.1994	0.07841	2.5625	6.2518	3.6893	966.2	2804.6	1838.4	963.1	2604.6	1641.5	
230	27.979	1.2090	0.07150	2.6086	6.2162	3.6076	989.6	2805.4	1815.8	986.2	2605.4	1619.2	
235	30.635	1.2190	0.06528	2.6545	6.1807	3.5262	1013.2	2805.5	1792.4	1009.5	2605.5	1596.0	
240	33.480	1.2293	0.05967	2.7004	6.1452	3.4448	1036.9	2805.1	1768.2	1032.8	2605.3	1572.5	
245	36.524	1.2402	0.05460	2.7461	6.1096	3.3635	1060.9	2804.1	1743.3	1056.4	2604.7	1548.3	
250	39.78	1.2515	0.05002	2.7918	6.0738	3.2820	1085.1	2802.5	1717.4	1080.1	2603.5	1523.4	
255	43.24	1.2633	0.04586	2.8375	6.0380	3.2005	1109.5	2800.3	1690.7	1104.0	2602.0	1498.0	
260	46.94	1.2757	0.04209	2.8832	6.0019	3.1187	1134.3	2797.4	1663.1	1128.3	2599.8	1471.5	
265	50.87	1.2888	0.03865	2.9289	5.9656	3.0367	1159.3	2793.8	1634.5	1152.8	2597.2	1444.4	
270	55.05	1.3025	0.03552	2.9747	5.9290	2.9543	1184.5	2789.5	1604.9	1177.3	2594.0	1416.7	
275	59.49	1.3169	0.03266	3.0206	5.8921	2.8715	1210.2	2784.5	1574.3	1202.4	2590.2	1387.8	
280	64.19	1.3322	0.03005	3.0666	5.8549	2.7883	1236.1	2778.7	1542.5	1227.5	2585.8	1358.3	
285	69.17	1.3483	0.02766	3.1128	5.8174	2.7046	1262.5	2772.2	1509.6	1253.2	2580.9	1327.7	
290	74.45	1.3665	0.02546	3.1593	5.7794	2.6201	1289.3	2764.9	1475.6	1279.1	2575.4	1296.3	
295	80.03	1.3837	0.02345	3.2061	5.7410	2.5349	1316.5	2756.9	1440.2	1305.4	2569.2	1263.8	
300	85.92	1.4033	0.02160	3.2532	5.7022	2.4490	1344.2	2748.0	1403.6	1332.1	2562.4	1230.3	
305	92.14	1.424	0.01989	3.3008	5.6620	2.3621	1372.5	2738.3	1365.5	1359.4	2555.1	1195.7	
310	98.70	1.447	0.01832	3.3489	5.6232	2.2743	1401.3	2727.7	1326.0	1387.0	2546.9	1159.9	
315	105.61	1.471	0.01687	3.3977	5.5837	2.1860	1430.9	2716.8	1285.8	1415.4	2538.6	1123.2	
320	112.90	1.498	0.01549	3.4473	5.5401	2.0928	1461.3	2702.4	1241.3	1444.4	2527.5	1083.1	
325	120.57	1.527	0.01420	3.4978	5.4924	1.9946	1492.5	2685.7	1193.1	1474.1	2514.5	1040.4	
330	128.65	1.560	0.01298	3.5495	5.4422	1.8927	1524.8	2666.4	1141.5	1504.7	2499.4	994.7	
335	137.14	1.597	0.01184	3.6026	5.3884	1.7858	1558.4	2644.3	1086.0	1536.5	2481.9	945.4	
340	146.08	1.638	0.01077	3.6577	5.3321	1.6744	1593.5	2620.2	1026.7	1569.6	2462.9	893.3	
345	155.48	1.687	0.009765	3.7154	5.2733	1.5579	1630.5	2593.4	963.0	1604.3	2441.6	837.3	
350	165.37	1.746	0.008803	3.7768	5.2087	1.4319	1670.3	2562.3	892.2	1641.4	2416.7	775.3	
355	175.77	1.817	0.007878	3.8431	5.1371	1.2940	1714.5	2527.4	812.8	1682.6	2388.8	706.2	
360	186.74	1.908	0.006967	3.9159	5.0545	1.1386	1762.2	2483.1	720.9	1726.6	2353.0	626.4	
365	198.30	2.03	0.00604	4.0013	4.9541	0.9528	1817.9	2425.9	608.0	1777.6	2306.1	528.5	
370	210.52	2.23	0.00499	4.1131	4.8069	0.6938	1893.7	2339.9	446.2	1846.8	2234.9	388.1	
371	213.06	2.30	0.00474	4.1437	4.7675	0.6238	1914.2	2316.1	401.9	1865.2	2214.2	349.0	
372	215.62	2.37	0.00447	4.1801	4.7211	0.5410	1938.1	2287.1	349.0	1887.0	2190.7	303.7	
373	218.22	2.49	0.00415	4.229	4.6625	0.434	1972.0	2252.3	280.4	1917.7	2161.7	244.0	
374	220.86	2.79	0.00362	4.325	4.548	0.223	2043.2	2187.5	144.4	1981.6	2107.5	125.9	
374.15	221.29	3.18	0.00318	4.430		0	2099.7		0	2029.3		0	

Tabella A.4 – Proprietà termodinamiche dell'acqua in condizioni di liquido saturo e vapore saturo secco. Variabile indipendente: pressione - (J. Kestin, A course in Thermodynamics, Mc Graw Hill 1979).

Press.		Temp.		Vol. spec.			Entropia specifica			Entalpia specifica			Energia interna specifica		
p	T	v_{vs}	s_l	s_{vs}	$s_{vs} - s_l$	h_l	h_{vs}	$h_{vs} - h_l$	u_l	u_{vs}	$u_{vs} - u_l$	u_l	u_{vs}	$u_{vs} - u_l$	
bar	°C	K	m ³ /kg	kJ/kgK	kJ/kgK	kJ/kgK	kJ/kg	kJ/ke	kJ/ke	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	
0.01	6.98	280.14	129.2	0.1061	8.9734	8.8673	29.35	2513.4	2484.0	29.35	2384.2	2354.0			
0.015	13.03	286.19	87.99	0.1957	8.8256	8.6299	54.72	2524.5	2469.8	54.7	2392.5	2337.8			
0.02	17.51	290.67	67.02	0.2607	8.7214	8.4607	73.45	2532.7	2459.3	73.45	2398.7	2325.3			
0.025	21.09	294.25	54.27	0.3119	8.6409	8.3290	88.43	2539.3	2450.8	88.43	2403.6	2315.2			
0.03	24.10	297.26	45.68	0.3543	8.5754	8.2211	100.97	2544.7	2443.8	100.97	2407.7	2306.7			
0.04	28.98	302.14	34.81	0.4223	8.4725	8.0502	121.36	2553.6	2432.3	121.36	2414.4	2293.0			
0.05	32.90	306.06	28.20	0.4761	8.3930	7.9169	137.71	2560.7	2423.0	137.71	2419.7	2282.0			
0.06	36.19	309.35	23.75	0.5206	8.3283	7.8077	151.42	2566.7	2415.2	151.42	2424.2	2272.8			
0.08	41.54	314.70	18.11	0.5922	8.2266	7.6344	173.76	2576.3	2402.5	173.76	2431.4	2257.6			
0.10	45.84	319.00	14.68	0.6489	8.1480	7.4991	191.71	2583.9	2392.2	191.70	2437.1	2245.4			
0.12	49.45	322.61	12.37	0.6959	8.0841	7.3882	206.80	2590.3	2383.5	206.79	2441.9	2235.1			
0.15	54.00	327.16	10.03	0.7545	8.0061	7.2516	225.82	2598.3	2372.5	225.80	2447.9	2222.1			
0.20	60.09	333.25	7.652	0.8716	7.9060	7.0744	251.28	2608.9	2357.6	251.26	2455.9	2204.6			
0.25	64.99	338.14	6.206	0.9277	7.8287	6.9360	271.81	2617.4	2345.6	271.78	2462.3	2190.5			
0.30	69.12	342.28	5.231	0.9435	7.7657	6.8222	289.11	2624.4	2335.3	289.08	2467.5	2178.4			
0.40	75.89	349.05	3.994	1.0255	7.6667	6.6412	317.46	2635.7	2318.3	317.42	2475.9	2158.5			
0.50	81.35	354.51	3.241	1.0906	7.5903	6.4997	340.37	2644.7	2304.4	340.32	2482.7	2142.4			
0.60	85.95	359.11	2.732	1.1449	7.5280	6.3831	359.73	2652.2	2292.5	359.67	2488.3	2128.6			
0.70	89.96	363.12	2.365	1.1915	7.4754	6.2839	376.58	2658.6	2282.1	376.51	2493.1	2116.6			
0.80	93.51	366.67	2.087	1.2324	7.4300	6.1976	391.53	2664.3	2272.7	391.45	2497.3	2105.9			
0.90	96.71	369.87	1.869	1.2690	7.3901	6.1211	405.02	2669.3	2264.3	404.93	2501.1	2096.2			
1.0	99.63	372.79	1.694	1.3022	7.3544	6.0522	417.33	2673.8	2256.5	417.23	2504.4	2087.2			
1.1	102.32	375.48	1.549	1.3324	7.3222	5.9898	428.66	2678.0	2249.3	428.55	2507.6	2079.1			
1.2	104.81	377.97	1.428	1.3603	7.2928	5.9325	439.18	2681.8	2242.6	439.05	2510.4	2071.4			
1.3	107.13	380.29	1.325	1.3862	7.2658	5.8796	449.01	2685.3	2236.3	448.78	2513.1	2064.3			
1.4	109.32	382.48	1.236	1.4104	7.2409	5.8305	458.24	2688.6	2230.3	458.09	2515.6	2057.5			
1.5	111.37	384.53	1.159	1.4331	7.2177	5.7846	466.94	2691.6	2224.7	466.79	2517.8	2051.0			
1.6	113.32	386.48	1.091	1.4544	7.1960	5.7416	475.20	2694.5	2219.3	475.03	2519.9	2044.9			
1.8	116.93	390.09	0.9769	1.4938	7.1565	5.6627	490.52	2699.8	2209.3	490.33	2524.0	2033.7			
2.0	120.23	393.39	0.8852	1.5295	7.1212	5.5917	504.52	2704.6	2200.1	504.31	2527.6	2023.3			
2.2	123.27	396.43	0.8096	1.5622	7.0893	5.5271	517.4	2708.9	2191.5	517.2	2531.2	2014.2			
2.4	126.09	399.25	0.7462	1.5923	7.0602	5.4679	529.5	2712.9	2183.4	529.2	2533.8	2004.6			
2.6	128.73	401.89	0.6923	1.6203	7.0335	5.4132	540.7	2716.6	2175.9	540.4	2536.6	1996.2			
2.8	131.21	404.37	0.6458	1.6465	7.0088	5.3623	551.3	2720.0	2168.7	551.0	2539.2	1988.2			
3.0	133.54	406.70	0.6054	1.6711	6.9859	5.3148	561.2	2723.2	2161.9	560.9	2542.0	1976.1			
3.2	135.76	408.92	0.5698	1.6942	6.9644	5.2702	570.7	2726.7	2155.5	570.4	2543.9	1973.5			
3.4	137.86	411.02	0.5383	1.7161	6.9442	5.2281	579.7	2729.0	2149.2	579.3	2546.0	1966.7			
3.6	139.87	413.03	0.5102	1.7370	6.9252	5.1882	588.3	2731.6	2143.3	587.9	2547.9	1960.0			
3.8	141.79	414.95	0.4849	1.7568	6.9072	5.1504	596.5	2734.1	2137.6	596.1	2549.8	1953.7			
4.0	143.63	416.79	0.4621	1.7757	6.8902	5.1145	604.4	2736.5	2132.1	604.0	2551.7	1947.7			
4.5	147.92	421.08	0.4137	1.8197	6.8511	5.0314	622.9	2742.0	2119.0	622.4	2555.8	1932.4			
5.0	151.85	425.01	0.3746	1.8596	6.8161	4.9565	639.9	2746.8	2107.0	639.4	2559.5	1920.1			
6.0	158.84	432.00	0.3155	1.9300	6.7555	4.8255	670.1	2755.2	2085.1	669.4	2565.9	1896.5			
7.0	164.96	438.12	0.2727	1.9909	6.7041	4.7132	696.7	2762.1	2065.4	695.6	2571.2	1875.6			
8.0	170.41	443.57	0.2403	2.0447	6.6594	4.6147	720.6	2768.0	2047.5	719.7	2575.8	1856.1			
9.0	175.36	448.52	0.2149	2.0931	6.6198	4.5267	742.2	2773.1	2030.8	741.2	2579.7	1838.5			
10.0	179.88	453.04	0.1944	2.1370	6.5843	4.4473	762.2	2777.5	2015.3	761.1	2583.1	1822.0			

P bar	T °C	K	v_{vs} m³/kg	s_l kJ/kgK	s_{vs} kJ/kgK	$s_{vs} - s_l$ kJ/kgK	h_l kJ/kg	h_{vs} kJ/kg	$h_{vs} - h_l$ kJ/kg	u_l kJ/kg	u_{vs} kJ/kg	$u_{vs} - u_l$ kJ/kg
11.0	184.06	457.22	0.1775	2.1774	6.5519	4.3745	780.7	2781.3	2000.6	779.5	2586.1	1807.6
12.0	187.96	461.12	0.1633	2.2148	6.5221	4.3073	797.9	2784.7	1986.7	796.5	2588.7	1792.2
13.0	191.60	464.76	0.1512	2.2497	6.4946	4.2449	814.2	2787.6	1973.4	812.7	2591.0	1778.3
14.0	195.04	468.20	0.1408	2.2823	6.4689	4.1866	829.5	2790.2	1960.7	827.9	2593.1	1765.2
15.0	198.28	471.44	0.1318	2.3131	6.4448	4.1317	844.1	2792.5	1948.4	842.4	2594.8	1752.4
16.0	201.37	474.53	0.1238	2.3422	6.4221	4.0799	858.0	2794.6	1936.6	856.2	2596.5	1740.4
17.0	204.30	477.46	0.1167	2.3698	6.4006	4.0308	871.3	2796.4	1925.1	869.3	2598.0	1728.7
18.0	207.11	480.27	0.1104	2.3961	6.3802	3.9841	884.0	2798.0	1914.0	881.9	2599.3	1717.4
19.0	209.79	482.95	0.1048	2.4212	6.3608	3.9396	896.2	2799.3	1903.2	894.0	2600.2	1706.2
20.0	212.37	485.53	0.09964	2.4453	6.3422	3.8969	908.0	2800.6	1892.6	905.7	2601.3	1695.7
22.0	217.24	490.40	0.09074	2.4906	6.3072	3.8166	930.3	2802.5	1872.2	927.7	2602.9	1675.2
24.0	221.78	494.94	0.08328	2.5327	6.2748	3.7421	951.3	2803.9	1852.7	948.4	2604.0	1655.6
26.0	226.03	499.19	0.07682	2.5720	6.2445	3.6725	971.0	2804.8	1833.8	967.9	2604.8	1636.9
28.0	230.04	503.20	0.07144	2.6089	6.2159	3.6070	989.8	2805.4	1815.6	986.4	2605.4	1619.0
30.0	233.84	507.00	0.06667	2.6438	6.1890	3.5452	1007.7	2805.5	1797.9	1004.1	2605.5	1601.4
32	237.44	510.60	0.06247	2.6769	6.1634	3.4865	1024.7	2805.4	1780.7	1020.8	2605.5	1584.7
34	240.88	514.04	0.05874	2.7084	6.1389	3.4305	1041.1	2805.0	1763.9	1036.9	2605.3	1568.4
36	244.16	517.32	0.05542	2.7385	6.1155	3.3770	1056.9	2804.4	1747.5	1052.4	2604.9	1552.5
38	247.31	520.47	0.04243	2.7672	6.0931	3.3259	1072.1	2803.3	1731.4	1067.4	2604.3	1536.9
40	250.33	523.49	0.04973	2.7949	6.0714	3.2765	1086.7	2802.4	1715.7	1081.7	2603.3	1521.8
42	253.24	526.40	0.04728	2.8215	6.0506	3.2291	1100.9	2801.2	1700.2	1095.6	2602.6	1507.0
44	256.05	529.21	0.04504	2.8471	6.0304	3.1833	1114.7	2799.7	1685.0	1109.1	2601.5	1492.4
46	258.76	531.92	0.04299	2.8718	6.0109	3.1391	1128.1	2798.2	1670.1	1122.3	2600.4	1478.1
48	261.38	534.54	0.04111	2.8958	5.9919	3.0961	1141.1	2796.5	1655.3	1135.0	2599.2	1464.2
50	263.92	537.08	0.03937	2.9190	5.9735	3.0545	1153.8	2794.6	1640.8	1147.4	2597.8	1450.4
55	259.94	543.10	0.03556	2.9741	5.9294	2.9553	1184.2	2789.6	1605.3	1177.0	2594.0	1417.0
60	275.56	548.72	0.03236	3.0257	5.8880	2.8623	1213.1	2783.9	1570.8	1205.2	2589.7	1384.5
65	280.83	553.99	0.02964	3.0743	5.8487	2.7744	1240.5	2777.7	1537.2	1231.8	2585.0	1353.2
70	285.80	558.96	0.02729	3.1203	5.8113	2.6910	1266.7	2771.1	1504.3	1257.2	2580.1	1322.9
75	290.51	563.67	0.02525	3.1640	5.7755	2.5115	1292.0	2764.1	1472.0	1281.5	2574.7	1293.2
80	294.98	568.14	0.02346	3.2059	5.7412	2.5253	1316.4	2756.9	1440.4	1305.7	2569.2	1263.5
85	299.24	572.40	0.02187	3.2460	5.7081	2.4621	1339.9	2749.4	1409.2	1328.0	2563.5	1235.5
90	303.31	576.47	0.02045	3.2847	5.6762	2.3915	1362.9	2741.6	1378.5	1350.2	2557.6	1207.4
95	307.22	580.38	0.01918	3.3220	5.6454	2.3234	1385.2	2733.7	1348.2	1371.6	2551.5	1179.9
100	310.96	584.12	0.01803	3.3582	5.6155	2.2573	1407.0	2725.6	1318.2	1392.5	2545.3	1152.8
110	318.04	591.20	0.01602	3.4277	5.5584	2.1307	1449.3	2708.7	1258.9	1432.9	2532.5	1099.6
120	324.64	597.80	0.01429	3.4941	5.4971	2.0030	1490.2	2687.2	1196.3	1471.9	2515.7	1044.2
130	330.81	603.97	0.01279	3.5580	5.4353	1.8773	1530.2	2663.5	1132.3	1509.8	2497.2	987.4
140	336.63	609.79	0.01149	3.6203	5.3726	1.7523	1569.6	2637.7	1066.7	1547.1	2476.8	929.7
150	342.12	615.28	0.01034	3.6818	5.3104	1.6286	1608.9	2610.5	999.7	1584.0	2455.4	871.4
160	347.32	620.48	0.009314	3.7433	5.2471	1.5038	1648.5	2581.2	929.9	1621.1	2432.2	811.1
180	356.96	630.12	0.007518	3.8707	5.1062	1.2355	1732.9	2511.4	778.5	1699.6	2376.1	676.5
200	365.71	638.87	0.00591	4.0151	4.9375	0.9224	1826.7	2416.0	589.3	1785.5	2297.8	512.3
220	373.7	646.86	0.00385	4.2802	4.6023	0.3221	2009.7	2218.0	208.4	1951.6	2133.3	181.7
221.29	374.15	647.31	0.00318	4.430	0	0	2099.7	2099.7	0	2029.3	2029.3	0

Tabella A.5 – Proprietà termodinamiche del Freon - 12 (CCl₂ F₂) in condizioni di liquido saturo e vapore saturo secco.
(R.W. Haywood, Thermodynamic Tables in SI Units, Cambridge University Press, 1981).

Temp.	Press.	Volume specifico		Entalpia specif.		Entropia specif.	
T	p	v_l	v_{vs}	h_l	h_{vs}	s_l	s_{vs}
°C	MN/m²	m³/kg	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
-40	0.0641	0.00066	0.2421	zero	169.6	zero	0.7274
-35	0.0806	0.00067	0.1955	4.4	171.9	0.0187	0.7220
-30	0.1003	0.00067	0.1595	8.9	174.2	0.0371	0.7171
-25	0.1236	0.00068	0.1313	13.3	176.5	0.0552	0.7127
-20	0.1508	0.00069	0.1089	17.8	178.7	0.0731	0.7088
-15	0.1825	0.00069	0.0911	22.3	181.0	0.0906	0.7052
-10	0.219	0.00070	0.0767	26.9	183.2	0.1080	0.7020
-5	0.261	0.00071	0.0650	31.4	185.4	0.1251	0.6991
0	0.308	0.00072	0.0554	36.1	187.5	0.1420	0.6966
5	0.362	0.00072	0.0475	40.7	189.7	0.1587	0.6942
10	0.423	0.00073	0.0409	45.4	191.7	0.1752	0.6921
15	0.491	0.00074	0.0354	50.1	193.8	0.1915	0.6902
20	0.567	0.00075	0.0308	54.9	195.8	0.2078	0.6885
25	0.651	0.00076	0.0269	59.7	197.7	0.2239	0.6869
30	0.745	0.00077	0.0235	64.6	199.6	0.2399	0.6854
35	0.847	0.00079	0.0206	69.5	201.5	0.2559	0.6839
40	0.960	0.00080	0.0182	74.6	203.2	0.2718	0.6825
45	1.084	0.00081	0.0160	79.7	204.9	0.2877	0.6812
50	1.219	0.00083	0.0142	84.9	206.5	0.3037	0.6797

Tabella A.6 — Massa molecolare e costante caratteristica di alcune sostanze (Elaborata da J. Kestin, A Course in Thermodynamics, Mc Graw Hill, 1979).

SOSTANZA	M kg/kmol	R J/kgK
Acetilene, C ₂ H ₂	26,039	319,43
Acqua, H ₂ O	18,016	461,70
Ammoniacca, NH ₃	17,032	488,38
Anidride carbonica, CO ₂	44,012	188,99
Anidride solforosa, SO ₂	64,066	129,83
Argon, Ar	39,950	208,21
Aria	28,968	287,13
Azoto, N ₂	28,014	296,91
Elio, He	4,0028	2078,0
Etano, C ₂ H ₆	30,071	276,60
Etilene, C ₂ H ₄	28,055	296,48
Freon 12 CCl ₂ F ₂	120,914	68,77
Idrogeno, H ₂	2,0158	4126,4
Metano, CH ₄	16,044	518,46
Neon, Ne	20,184	412,10
<i>n</i> -Butano, C ₄ H ₁₀	58,124	143,04
Ossido di azoto, NO	30,007	277,19
Ossido di carbonio, CO	28,012	296,93
Ossigeno, O ₂	31,891	260,83
Propano, C ₃ H ₈	44,097	188,55

Tabella A.7 — Calori specifici medi. Questi valori sono impiegabili nell'intervallo 0 ÷ 100°C. (Da R.W. Haywood; Thermodynamic Tables in S.I. Units; Cambridge University Press; 1981).

SOSTANZA	c_p kJ/kg K	c_v kJ/kg K	$k = \frac{c_p}{c_v}$
Anidride carbonica, CO ₂	0,865	0,676	1,28
Aria	1,01	0,717	1,40
Azoto, N ₂	1,04	0,743	1,40
Idrogeno, H ₂	14,2	10,1	1,41
Ossido di carbonio, CO	1,04	0,743	1,40
Ossigeno, O ₂	0,917	0,656	1,40

Tabella A.8 — Correlazioni sperimentali per il calcolo del calore specifico molare a pressione costante, [kJ/(kmolK)]; $\theta = T[K]/100$. (Da G.J. Van Wylen e R.E. Sonntag, Fundamentals of Classical Thermodynamics, J. Wiley, 1976).

Gas	Correlazioni	Campo [K]	Errore Massimo %
N ₂	$\bar{c}_p = 39,060 - 512,79\theta^{-1,5} + 1072,7\theta^{-2} - 820,40\theta^{-3}$	300 - 3500	0,43
O ₂	$\bar{c}_p = 37,432 + 0,020102\theta^{1,5} - 178,57\theta^{-1,5} + 236,88\theta^{-2}$	300 - 3500	0,30
H ₂	$\bar{c}_p = 56,505 - 702,74\theta^{-0,75} + 1165,0\theta^{-1} - 560,70\theta^{-1,5}$	300 - 3500	0,60
CO	$\bar{c}_p = 69,145 - 0,70463\theta^{0,75} - 200,77\theta^{-0,5} + 176,76\theta^{-0,75}$	300 - 3500	0,42
NO	$\bar{c}_p = 59,283 - 1,7096\theta^{0,5} - 70,613\theta^{-0,5} + 74,889\theta^{-1,5}$	300 - 3500	0,34
H ₂ O	$\bar{c}_p = 143,05 - 183,54\theta^{0,25} + 82,751\theta^{0,5} - 3,6989\theta$	300 - 3500	0,43
CO ₂	$\bar{c}_p = -3,7357 + 30,529\theta^{0,5} - 4,1034\theta + 0,024198\theta^2$	300 - 3500	0,19

Tabella A.9 – Coefficienti sperimentali per il calcolo del calore specifico a pressione costante per gas ideale secondo la correlazione: $c_p = a + bT + cT^2 + dT^3$; $T[K]$, $c_p [kJ/kg K]$ elaborata da R.C. Reid, J.M. Prausnitz e T.K. Sherwood, The Properties of Gases and Liquids, Mc Graw-Hill, 1977).

SOSTANZA	a [kJ/kg K]	b [kJ/kg K ²]	c [kJ/kg K ³]	d [kJ/kg K ⁴]
Acqua, H ₂ O	1,790	$1,068 \cdot 10^{-4}$	$5,859 \cdot 10^{-7}$	$-1,996 \cdot 10^{-10}$
Ammoniaca, NH ₃	1,604	$1,399 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$	$-6,957 \cdot 10^{-10}$
Anidride carbonica, CO ₂	$4,498 \cdot 10^{-1}$	$1,669 \cdot 10^{-3}$	$-1,273 \cdot 10^{-6}$	$3,898 \cdot 10^{-10}$
Argon, Ar	$5,208 \cdot 10^{-1}$	$-8,039 \cdot 10^{-7}$	$1,293 \cdot 10^{-9}$	0,000
Azoto, N ₂	1,112	$-4,843 \cdot 10^{-4}$	$9,566 \cdot 10^{-7}$	$-4,170 \cdot 10^{-10}$
Etano, C ₂ H ₆	$1,799 \cdot 10^{-1}$	$5,923 \cdot 10^{-3}$	$-2,307 \cdot 10^{-6}$	$2,898 \cdot 10^{-10}$
Etilene, C ₂ H ₄	$1,357 \cdot 10^{-1}$	$5,582 \cdot 10^{-3}$	$-2,976 \cdot 10^{-6}$	$6,256 \cdot 10^{-10}$
Freon 12, CCl ₂ F ₂	$2,613 \cdot 10^{-1}$	$1,474 \cdot 10^{-3}$	$-1,248 \cdot 10^{-6}$	$3,591 \cdot 10^{-10}$
Idrogeno, H ₂	$1,347 \cdot 10$	$4,601 \cdot 10^{-3}$	$-6,850 \cdot 10^{-6}$	$3,793 \cdot 10^{-9}$
Metano, CH ₄	1,200	$3,249 \cdot 10^{-3}$	$7,464 \cdot 10^{-7}$	$-7,054 \cdot 10^{-10}$
<i>n</i> -Butano, C ₄ H ₁₀	$1,632 \cdot 10^{-1}$	$5,700 \cdot 10^{-3}$	$-1,907 \cdot 10^{-6}$	$-4,855 \cdot 10^{-11}$
Ossido di azoto, NO	$9,780 \cdot 10^{-1}$	$-3,126 \cdot 10^{-5}$	$3,248 \cdot 10^{-7}$	$-1,395 \cdot 10^{-10}$
Ossido di carbonio, CO	1,102	$-4,589 \cdot 10^{-4}$	$9,958 \cdot 10^{-7}$	$-4,539 \cdot 10^{-10}$
Ossigeno, O ₂	$8,814 \cdot 10^{-1}$	$-1,154 \cdot 10^{-7}$	$5,475 \cdot 10^{-7}$	$-3,340 \cdot 10^{-10}$
Propano, C ₃ H ₈	$-9,580 \cdot 10^{-2}$	$6,946 \cdot 10^{-3}$	$-3,598 \cdot 10^{-6}$	$7,290 \cdot 10^{-10}$

Tabella A.10 – Fattore acentrico di alcune sostanze (da R.C. Reid, J.M. Prausnitz e T.K. Sherwood, The Properties of Gases and Liquids, Mc Graw-Hill, 1977).

SOSTANZA	ω
Acqua, H ₂ O	0,344
Ammoniaca, NH ₃	0,250
Anidride carbonica, CO ₂	0,225
Argon, Ar	-0,004
Azoto, N ₂	0,040
Etano, C ₂ H ₆	0,098
Etilene, C ₂ H ₄	0,085
Freon 12, CCl ₂ F ₂	0,176
Idrogeno, H ₂	-0,22
Metano, CH ₄	0,008
<i>n</i> -Butano, C ₄ H ₁₀	0,193
Ossido di azoto, NO	0,607
Ossido di carbonio, CO	0,049
Ossigeno, O ₂	0,021
Propano, C ₃ H ₈	0,152

230 *Appendice*

Appendance

Appendix

2

Tabella A.25 – Entropia specifica dell'acqua in fase liquida e gassosa (da R.W. Haywood, Thermodynamic Tables in SI Units, Cambridge University Press, 1972).

Pressione [MN/m^2]		0.01	0.05	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	15	20	22.12	25	30	40	50	100	
Temp. Sat. [$^{\circ}C$]		45.8	81.3	99.6	151.8	179.9	212.4	250.3	275.6	295.0	311.0	342.1	365.7	374.15	—	—	—	—	—	
Temp. [$^{\circ}C$]		Entropia specifica [$kJ/kg\ K$]																		Temp. [$^{\circ}C$]
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.007	0
25	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.366	0.366	0.365	0.365	0.364	0.363	0.362	0.361	0.360	0.359	0.358	0.356	0.353	0.336	25
50	8.176	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.702	0.701	0.700	0.699	0.697	0.694	0.693	0.692	0.690	0.688	0.681	0.658	50	
75	8.317	1.015	1.015	1.015	1.015	1.014	1.013	1.012	1.010	1.009	1.006	1.003	1.002	1.000	0.997	0.991	0.985	0.958	75	
100	8.449	7.695	7.362	1.307	1.306	1.305	1.304	1.302	1.301	1.299	1.295	1.292	1.290	1.288	1.284	1.277	1.270	1.237	100	
125	8.572	7.822	7.492	1.581	1.581	1.580	1.578	1.576	1.574	1.572	1.568	1.563	1.561	1.559	1.555	1.546	1.538	1.500	125	
150	8.689	7.941	7.614	1.842	1.841	1.840	1.838	1.836	1.833	1.831	1.826	1.821	1.819	1.816	1.811	1.801	1.791	1.748	150	
175	8.799	8.053	7.728	2.091	2.089	2.087	2.084	2.081	2.079	2.073	2.066	2.064	2.061	2.055	2.043	2.032	1.983	175		
200	8.905	8.159	7.835	2.330	2.327	2.324	2.321	2.318	2.310	2.303	2.300	2.296	2.289	2.276	2.263	2.207	200			
225	9.005	8.260	7.937	2.561	2.557	2.554	2.550	2.541	2.532	2.529	2.524	2.516	2.500	2.486	2.421	225				
250	9.101	8.356	8.034	2.793	2.789	2.784	2.779	2.768	2.757	2.753	2.747	2.737	2.719	2.701	2.627	250				
275	9.193	8.449	8.127	3.022	3.016	3.010	2.995	2.981	2.976	2.968	2.956	2.933	2.913	2.827	275					
300	9.282	8.538	8.217	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	3.248	3.249	300	
325	9.368	8.624	8.303	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	3.480	325	
350	9.450	8.707	8.386	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	3.731	350	
375	9.531	8.787	8.466	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	3.982	375	
400	9.608	8.865	8.544	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	4.233	400	
425	9.684	8.940	8.620	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	4.484	425	
450	9.757	9.014	8.693	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	4.735	450	
475	9.829	9.085	8.765	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	475	
500	9.898	9.155	8.835	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	5.237	500	
550	10.033	9.290	8.970	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	550	
600	10.162	9.419	9.098	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	6.245	600	
650	10.285	9.542	9.222	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	6.749	650	
700	10.404	9.661	9.341	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	7.253	700	
750	10.518	9.775	9.455	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	7.757	750	
800	10.628	9.886	9.565	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	8.261	800	

Tabella A.26 – Energia interna specifica dell'acqua in fase liquida e gassosa (da R.W. Haywood, Thermodynamic Tables in SI Units, Cambridge University Press, 1972).

Pressione [MN/m ²]		0.01	0.05	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	15	20	22.12	25	30	40	50	100	
Temp. Sat. [°C]		45.8	81.3	99.6	151.8	179.9	212.4	250.3	275.6	295.0	311.0	342.1	365.7	374.15	—	—	—	—	—	
Temp. [°C]		Energia interna specificá [kJ/kg]																		Temp. [°C]
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.2	0		
25	104.8	104.8	104.8	104.7	104.7	104.6	104.5	104.3	104.2	104.0	103.6	103.3	103.1	102.9	102.5	101.8	101.1	97.5	25	
50	2444	209.2	209.2	209.2	209.1	209.0	208.9	208.6	208.3	208.1	207.8	207.0	206.3	206.0	205.7	205.0	203.7	202.4	196.5	
75	2480	313.9	313.9	313.8	313.7	313.5	313.0	312.6	312.2	311.7	310.7	309.7	309.2	308.7	307.7	305.8	304.0	295.7	75	
100	2516	2512	2507	418.8	418.7	418.4	417.8	417.3	416.7	416.1	414.7	413.4	412.8	412.1	410.8	408.2	405.8	395.1	100	
125	2552	2549	2545	524.6	524.5	524.1	523.3	522.6	521.9	521.2	519.4	517.7	517.0	516.0	514.3	511.2	508.1	494.6	125	
150	2588	2586	2583	631.6	631.4	630.9	630.0	629.1	628.2	627.3	625.0	622.9	622.0	620.8	618.7	614.8	611.0	594.4	150	
175	2625	2623	2620	740.0	739.4	738.2	737.1	736.0	734.8	732.1	729.4	728.3	726.8	724.3	719.4	714.8	694.6	175		
200	2661	2660	2658	848.8	847.3	845.9	844.4	841.0	837.7	836.3	834.4	831.3	825.3	819.7	795.3	200				
225	2699	2697	2696	962.4	960.6	958.7	956.9	952.5	948.3	946.5	944.2	940.3	932.9	926.0	896.7	225				
250	2736	2735	2734	1080.8	1078.3	1075.8	1073.4	1067.7	1062.2	1060.0	1057.0	1052.1	1042.8	1034.3	999.0	250				
275	2774	2773	2772	1202.9	1199.5	1196.1	1188.3	1181.0	1178.0	1174.1	1167.7	1155.8	1145.1	1102.4	275					
300	2812	2811	2811	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774	2774		
325	2851	2850	2849	2851	2850	2849	2848	2847	2846	2845	2844	2843	2842	2841	2840	2839	2838	2837		
350	2890	2889	2888	2890	2889	2888	2887	2886	2885	2884	2883	2882	2881	2880	2879	2878	2877	2876		
375	2929	2928	2928	2929	2928	2927	2926	2925	2924	2923	2922	2921	2920	2919	2918	2917	2916	2915		
400	2969	2968	2967	2968	2967	2966	2965	2964	2963	2962	2961	2960	2959	2958	2957	2956	2955	2954		
425	3009	3008	3007	3008	3007	3006	3005	3004	3003	3002	3001	3000	2999	2998	2997	2996	2995	2994		
450	3050	3049	3048	3049	3048	3047	3046	3045	3044	3043	3042	3041	3040	3039	3038	3037	3036	3035		
475	3091	3090	3089	3090	3089	3088	3087	3086	3085	3084	3083	3082	3081	3080	3079	3078	3077	3076		
500	3132	3131	3130	3131	3130	3129	3128	3127	3126	3125	3124	3123	3122	3121	3120	3119	3118	3117		
550	3217	3216	3215	3216	3215	3214	3213	3212	3211	3210	3209	3208	3207	3206	3205	3204	3203	3202		
600	3303	3302	3301	3302	3301	3300	3299	3298	3297	3296	3295	3294	3293	3292	3291	3290	3289	3288		
650	3390	3389	3388	3389	3388	3387	3386	3385	3384	3383	3382	3381	3380	3379	3378	3377	3376	3375		
700	3480	3479	3478	3479	3478	3477	3476	3475	3474	3473	3472	3471	3470	3469	3468	3467	3466	3465		
750	3571	3570	3569	3570	3569	3568	3567	3566	3565	3564	3563	3562	3561	3560	3559	3558	3557	3556		
800	3663	3662	3661	3662	3661	3660	3659	3658	3657	3656	3655	3654	3653	3652	3651	3650	3649	3648		

APPENDICE A
Il sistema internazionale di unità (SI).

Il Sistema Internazionale di Unità (SI) si basa su sette grandezze fondamentali che, insieme ai simboli raccomandati, sono riportate in Tab. A.1..

Tabella A.1. – Unità SI fondamentali.

Grandezza	Unità SI	
	Nome	Simbolo
lunghezza	metro	m
massa	kilogrammo	kg
tempo	secondo	s
corrente elettrica	ampere	A
temperatura termodinamica	kelvin	K
intensità luminosa	candela	cd
quantità di sostanza	mole	mol

Per alcune unità SI derivate esistono nomi e simboli speciali; per le grandezze di maggior interesse nella trasmissione del calore è fornita una lista in Tab. A.2..

Tabella A.2. – Nomi e simboli per alcune unità SI derivate.

Grandezza	Unità SI	
	Nome	Simbolo
forza	newton	N
pressione, tensione	pascal	P
lavoro, calore, energia	joule	J
potenza	watt	W
differenza di potenziale elettrico	volt	V
resistenza elettrica	ohm	Ω

In Tab. A.3. sono riportati i nomi ed i simboli dei prefissi per formare i multipli ed i sottomultipli decimali delle unità SI. In Tab. A.4. sono prospettate alcune unità SI, i relativi simboli, i multipli ed i sottomultipli più comuni, e, per comodità, le corrispondenti unità non SI d'uso più comune⁽¹⁾.

Tabella A.3. – Prefissi per l'indicazione dei multipli e sottomultipli.

Fattore di moltiplicazione	Prefisso	
	Nome	Simbolo
10 ¹²	tera	T
10 ⁹	giga	G
10 ⁶	mega	M
10 ³	kilo	k
10 ²	etto	h
10 ¹	deca	da
10 ⁻¹	deci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	milli	m
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ⁻¹⁸	atto	a

(1) La Tab. A.4. è tratta dalla norma CNR-UNI 10003-74 cui si rimanda il lettore per maggiori dettagli; il nome delle grandezze non coincide sempre con quello adottato in questo testo.

Tabella B.1. — Proprietà di gas a pressione atmosferica⁽²⁾.

T	ρ	β	c_p	k	a	μ	ν	Pr	$g\beta/\nu^2$
(K)	(kg/m ³)	(10 ⁻³ /K)	(J/kgK)	(10 ⁻² W/mK)	(10 ⁻⁴ m ² /s)	(10 ⁻⁶ Pa s)	(10 ⁻⁶ m ² /s)	--	(10 ⁶ /K m ³)
ARIA									
100				0,922		7,06			
120				1,106		8,43			
140				1,287		9,74			
160				1,463		11,00			
180				1,637		12,20			
200	1,7690	5,000	1004	1,810	0,1019	13,36	7,552	0,741	859,967
220	1,6070	4,545	1004	1,980	0,1227	14,47	9,004	0,734	549,973
240	1,4730	4,167	1005	2,145	0,1449	15,54	10,550	0,728	367,250
260	1,3590	3,846	1005	2,305	0,1688	16,57	12,193	0,722	253,799
270	1,3080	3,704	1006	2,384	0,1812	17,07	13,050	0,720	213,331
280	1,2610	3,571	1006	2,461	0,1940	17,57	13,933	0,718	180,467
290	1,2180	3,448	1006	2,538	0,2071	18,05	14,819	0,715	154,032
300	1,1770	3,333	1006	2,614	0,2208	18,53	15,743	0,713	131,932
310	1,1390	3,226	1007	2,687	0,2343	19,00	16,681	0,712	113,723
320	1,1030	3,125	1007	2,759	0,2484	19,46	17,643	0,710	98,488
330	1,0700	3,030	1008	2,830	0,2624	19,92	18,617	0,710	85,772
340	1,0380	2,941	1008	2,900	0,2772	20,37	19,624	0,708	74,921
350	1,0090	2,857	1009	2,970	0,2917	20,81	20,624	0,707	65,893
360	0,9805	2,778	1010	3,039	0,3069	21,25	21,673	0,706	58,015
370	0,9539	2,703	1011	3,107	0,3222	21,68	22,728	0,705	51,328
380	0,9288	2,632	1012	3,173	0,3376	22,11	23,805	0,705	45,557
390	0,9050	2,564	1013	3,239	0,3533	22,52	24,884	0,704	40,622
400	0,8822	2,500	1014	3,305	0,3695	22,94	26,003	0,704	36,271

T	ρ	β	c_p	k	a	μ	ν	Pr	$g\beta/\nu^2$
(K)	(kg/m ³)	(10 ⁻³ /K)	(J/kgK)	(10 ⁻² W/mK)	(10 ⁻⁴ m ² /s)	(10 ⁻⁶ Pa s)	(10 ⁻⁶ m ² /s)	--	(10 ⁶ /K m ³)
ARIA									
420	0,8402	2,381	1017	3,437	0,4022	23,75	28,267	0,703	29,232
440	0,8021	2,273	1020	3,568	0,4361	24,54	30,595	0,702	23,819
460	0,7672	2,174	1023	3,697	0,4710	25,32	33,003	0,701	19,579
480	0,7351	2,083	1026	3,825	0,5072	26,07	35,465	0,699	16,249
500	0,7057	2,000	1030	3,951	0,5436	26,82	38,005	0,699	13,584
520	0,6786	1,923	1034	4,080	0,5815	27,54	40,584	0,698	11,454
540	0,6535	1,852	1038	4,200	0,6192	28,25	43,229	0,698	9,721
560	0,6300	1,786	1042	4,320	0,6581	28,95	45,952	0,698	8,296
580	0,6084	1,724	1047	4,440	0,6970	29,69	48,800	0,700	7,102
600	0,5881	1,667	1051	4,560	0,7378	30,30	51,522	0,698	6,159
650	0,5428	1,538	1063	4,840	0,8388	31,93	58,825	0,701	4,362
700	0,5042	1,429	1075	5,130	0,9465	33,49	66,422	0,702	3,176
750	0,4706	1,333	1087	5,410	1,0576	34,98	74,331	0,703	2,367
800	0,4412	1,250	1099	5,690	1,1735	36,43	82,570	0,704	1,799
850	0,4152	1,176	1110	5,970	1,2954	37,83	91,113	0,703	1,390
900	0,3922	1,111	1121	6,250	1,4216	39,18	99,898	0,703	1,092
950	0,3715	1,053	1131	6,490	1,5446	40,49	108,991	0,706	0,869
1000	0,3529	1,000	1141	6,720	1,6689	41,77	118,362	0,709	0,700
1050	0,3361	0,952	1150	6,950	1,7981	43,00	127,938	0,712	0,571
1100	0,3209	0,909	1159	7,170	1,9278	44,20	137,738	0,714	0,470
1150	0,3069	0,870	1167	7,380	2,0606	45,40	147,931	0,718	0,390
1200	0,2941	0,833	1174	7,590	2,1983	46,50	158,109	0,719	0,327
1250	0,2824	0,800	1181	7,790	2,3357	47,70	168,909	0,723	0,275
1300	0,2715	0,769	1188	7,970	2,4710	48,80	179,742	0,727	0,234
1350	0,2614	0,741	1194	8,160	2,6144	49,90	190,895	0,730	0,199
1400	0,2521	0,714	1200	8,350	2,7601	50,90	201,904	0,731	0,172
1450	0,2434	0,690	1205	8,530	2,9083	51,90	213,229	0,733	0,149
1500	0,2353	0,667	1210	8,700	3,0557	53,00	225,244	0,737	0,129

Regressione (T in K)	Campo di validità	Massima differenza percentuale (1)	Unità di misura
$\rho(T) = 352,989 T^{-1}$	200 K - 1500 K	-	kg/m ³
$c_p(T) = 1,04461 - 3,15952 \cdot 10^{-4} T + 7,07873 \cdot 10^{-7} T^2 - 2,70327 \cdot 10^{-10} T^3$	260 K - 610 K	-	J/kg K
$c_p(T) = 1,00200 - 1,62975 \cdot 10^{-4} T + 5,69498 \cdot 10^{-7} T^2 - 268068 \cdot 10^{-10} T^3$	610 K - 1500 K	-	J/kg K
$k(T) = 1,30030 \cdot 10^{-3} + 9,36766 \cdot 10^{-5} T - 4,44247 \cdot 10^{-8} T^2 + 2,31716 \cdot 10^{-11} T^3 - 6,59976 \cdot 10^{-15} T^4$	200 K - 1500 K	1,81	W/m K
$\mu(T) = 2,28797 \cdot 10^{-6} + 6,25979 \cdot 10^{-8} T - 3,13196 \cdot 10^{-11} T^2 + 8,15038 \cdot 10^{-15} T^3$	200 K - 1500 K	1,91	Pa s

(1) Differenza percentuale = $\frac{\text{valore effettivo} - \text{valore calcolato}}{\text{valore calcolato}} \times 100$

T (K)	ρ (kg/m ³)	β (10 ⁻³ /K)	c_p (J/kgK)	k (W/mK)	a (10 ⁻⁴ m ² /s)	μ (10 ⁻⁶ Pa s)	v (10 ⁻⁶ m ² /s)	Pr --	$g\beta/v^2$ (10 ⁶ /K m ³)
CO ₂									
220	2,4733		783	0,010805	0,05920	11,105	4,490	0,818	
250	2,1657		804	0,012884	0,07401	12,590	5,813	0,793	
300	1,7973	3,33	871	0,016572	0,10588	14,958	8,321	0,770	472
350	1,5362	2,86	900	0,02047	0,14808	17,205	11,19	0,755	224
400	1,3424	2,50	942	0,02461	0,19463	19,32	14,39	0,738	118
450	1,1918	2,22	980	0,02897	0,24813	21,34	17,90	0,721	67,9
500	1,0732	2,00	1013	0,03352	0,3084	23,26	21,67	0,702	41,8
550	0,9739	1,82	1047	0,03821	0,3750	25,08	25,74	0,685	26,9
600	0,8938	1,67	1076	0,04311	0,4483	26,83	30,02	0,668	18,2
N ₂									
100	3,4808		1072	0,00945	0,0253	6,86	1,97	0,786	
200	1,7108	5,00	1043	0,01824	0,1022	12,95	7,57	0,747	855,6
300	1,1421	3,33	1041	0,02620	0,2204	17,84	15,63	0,713	133,7
400	0,8538	2,50	1046	0,03335	0,3734	21,98	25,74	0,691	37,00
500	0,6824	2,00	1056	0,03984	0,5530	25,70	37,66	0,684	13,83
600	0,5687	1,67	1076	0,04580	0,7486	29,11	51,19	0,686	6,25
700	0,4934	1,43	1097	0,05123	0,9466	32,13	65,13	0,691	3,31
800	0,4277	1,25	1123	0,05609	1,1685	34,84	81,46	0,700	1,85
900	0,3796	1,11	1146	0,06070	1,3946	37,49	91,06	0,711	1,31
1000	0,3412	1,00	1168	0,06475	1,6250	40,00	117,2	0,724	0,714
1100	0,3108	0,909	1186	0,06850	1,8591	42,28	136,0	0,736	0,482
1200	0,2851	0,833	1204	0,07184	2,0932	44,50	156,1	0,748	0,335

T	ρ	β	c_p	k	a	μ	ν	Pr	$g\beta/\nu^2$
(K)	(kg/m ³)	(10 ⁻³ /K)	(J/kgK)	(W/mK)	(10 ⁻⁴ m ² /s)	(10 ⁻⁶ Pa s)	(10 ⁻⁶ m ² /s)	--	(10 ⁶ /K m ³)
O ₂									
100	3,992		948	0,00903	0,0239	7,768	1,946	0,815	
150	2,619	6,67	918	0,01367	0,0569	11,49	4,387	0,773	3398
200	1,956	5,00	913	0,01824	0,1021	14,85	7,593	0,745	850,5
250	1,562	4,00	916	0,02259	0,1579	17,87	11,45	0,725	299,2
300	1,301	3,33	920	0,02676	0,2235	20,63	15,86	0,709	129,8
350	1,113	2,86	929	0,03070	0,2968	23,16	20,80	0,702	64,8
400	0,9755	2,50	942	0,03461	0,3768	25,54	26,18	0,695	35,8
450	0,8682	2,22	957	0,03828	0,4609	27,77	31,99	0,694	21,3
500	0,7801	2,00	972	0,04173	0,5502	29,91	38,34	0,697	13,3
550	0,7096	1,82	988	0,04517	0,6441	31,97	45,05	0,700	8,79
600	0,6504	1,67	1004	0,04832	0,7399	33,92	52,15	0,704	6,02

H ₂ O (vapore)									
380	0,5863		2060	0,0246	0,204	12,71	21,6	1,060	
400	0,5542	2,50	2014	0,0261	0,234	13,44	24,2	1,040	41,86
450	0,4902	2,22	1980	0,0299	0,307	15,25	31,1	1,010	22,51
500	0,4405	2,00	1985	0,0339	0,387	17,04	38,6	0,996	13,16
550	0,4005	1,82	1997	0,0379	0,475	18,84	47,0	0,991	8,08
600	0,3652	1,67	2026	0,0422	0,573	20,67	56,6	0,986	5,11
650	0,3380	1,54	2056	0,0464	0,666	22,47	66,4	0,995	3,43
700	0,3140	1,43	2085	0,0505	0,772	24,26	77,2	1,000	2,35
750	0,2931	1,33	2119	0,0549	0,883	26,04	88,8	1,005	1,65
800	0,2739	1,25	2152	0,0592	1,001	27,86	102,0	1,010	1,18
850	0,2579	1,18	2186	0,0637	1,130	29,69	115,2	1,019	0,872

T	ρ	β	c_p	k	a	μ	ν	Pr	$g\beta/\nu^2$
(K)	(kg/m ³)	(10 ⁻³ /K)	(J/kgK)	(W/mK)	(10 ⁻⁴ m ² /s)	(10 ⁻⁶ Pa s)	(10 ⁻⁶ m ² /s)	--	(10 ⁶ /K m ³)
H ₂									
50	0,50955		10501	0,0362	0,0676	2,516	4,880	0,721	
100	0,24572	10,0	11229	0,0665	0,2408	4,212	17,14	0,712	333,8
150	0,16371	6,67	12602	0,0981	0,475	5,595	34,18	0,718	55,99
200	0,12270	5,00	13540	0,1282	0,772	6,813	55,53	0,719	15,90
250	0,09819	4,00	14059	0,1561	1,130	7,919	80,64	0,713	6,03
300	0,08185	3,33	14314	0,182	1,554	8,963	109,5	0,706	2,72
350	0,07016	2,86	14436	0,206	2,031	9,954	141,9	0,697	1,39
400	0,06135	2,50	14491	0,228	2,568	10,864	177,1	0,690	0,782
450	0,05462	2,22	14499	0,251	3,164	11,779	215,6	0,682	0,468
500	0,04918	2,00	14507	0,272	3,817	12,636	257,0	0,675	0,297
600	0,04085	1,67	14537	0,315	5,306	14,285	349,7	0,664	0,134
700	0,03492	1,43	14574	0,351	6,903	15,89	455,1	0,659	0,0677
800	0,03060	1,25	14675	0,384	8,563	17,40	569	0,664	0,0379
1000	0,02451	1,00	14968	0,440	11,997	20,16	822	0,686	0,0145
1200	0,02050	0,833	15366	0,488	15,484	22,75	1107	0,715	0,00667

T	ρ	β	c_p	k	a	μ	ν	Pr	$g\beta/\nu^2$
(K)	(kg/m ³)	(10 ⁻³ /K)	(J/kgK)	(W/mK)	(10 ⁻⁴ m ² /s)	(10 ⁻⁶ Pa s)	(10 ⁻⁶ m ² /s)	--	(10 ⁶ /K m ³)
He									
3			5200	0,0106		0,842			
33	1,466		5200	0,0353	0,04625	5,02	3,42	0,74	
144	0,3379	6,94	5200	0,0928	0,5275	12,55	37,11	0,70	49,4
200	0,2435	5,00	5200	0,1177	0,9288	15,66	64,38	0,694	11,8
255	0,1906	3,92	5200	0,1357	1,3675	18,17	95,50	0,70	4,22
366	0,1328	2,73	5200	0,1691	2,449	23,05	173,6	0,71	0,888
477	0,1020	2,10	5200	0,197	3,716	27,50	269,3	0,72	0,284
589	0,08282	1,70	5200	0,225	5,215	31,13	375,8	0,72	0,118
700	0,07032	1,43	5200	0,251	6,661	34,75	494,2	0,72	0,0574
800	0,06023	1,25	5200	0,275	8,774	38,17	634,1	0,72	0,0305
900	0,05286	1,11	5200	0,298	10,834	41,36	781,3	0,72	0,0178

E.R.G. Eckert e R.M. Drake, *Analysis of Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972; *Heat Transfer and Fluid Flow Data Books*, Genium Publishing Corporation, Schenectady, 1986.

(2) La variabilità delle proprietà termofisiche dei gas con la pressione, escludendo il campo degli stati prossimi a quello critico, va così valutata: indicando con ρ_0 la densità fornita dalla tabella e con $p_0 = 101330 \text{ N/m}^2$ la pressione atmosferica di riferimento, dalla legge di stato dei gas perfetti si ha: $\rho = \rho_0 (p/p_0)$. E' così possibile valutare ρ ad una certa temperatura, per un differente valore di pressione. Si ha poi che c_p , k , μ e quindi Pr sono praticamente invarianti con la pressione in vasto campo. La viscosità cinematica ν e la diffusività termica a sono pertanto inversamente proporzionali alla densità e quindi, ad ogni temperatura, inversamente proporzionali alla pressione. I valori delle proprietà termofisiche della tabella possono così essere estesi, nel campo di comportamento da gas perfetto, a valori di pressione differenti da quella di riferimento. I valori di β riportati in tabella sono valutati come $1/T$ e quindi sono attendibili solo per stati in cui il gas ha comportamento da gas perfetto; ciò vale anche per il raggruppamento $g\beta/\nu^2$.

Tabella B.2. - Masse molecolari e costante caratteristica R per alcuni gas.

GAS ⁽³⁾	M kg/kmol	$R = R_0/M$ J/kg·K	$R = R_0/M$ m/K	$R = R_0/M$ kcal/kp·K
Aria	28,967	287,1	29,27	0,06856
N ₂	28,016	296,8	30,26	0,07088
O ₂	32,000	259,8	26,49	0,06206
H ₂	2,016	4125	420,5	0,9851
He	4,003	2077	211,8	0,4961
CO ₂	44,011	188,9	19,26	0,04512
CO	28,011	296,9	30,27	0,07090
H ₂ O	18,016	461,5	47,06	0,1102

Da E.F. Obert e R.A. Gaggioli, *Thermodynamics*, McGraw Hill, 1963.

(3) $R_0 = 8315 \text{ J/kmol K} = 1,986 \text{ kcal/kmol K} = 847,8 \text{ kpm/kmol K}$.

Tabella B.3 – Proprietà di liquidi saturi⁽⁴⁾.

T	ρ	$\beta \times 10^4$	c_p	k	$\alpha \times 10^6$	$\mu \times 10^6$	$\nu \times 10^6$	Pr	$\frac{g\beta}{\nu^2} \times 10^{-9}$
K	°C	(kg/m ³)	(1/K)	(J/kg·K)	(W/m·K)	(m ² /s)	(Pa·s)	(m ² /s)	(1/K·m ³)
H ₂ O									
273	0	999,3	– 0,7	4226	0,558	0,131	1794	1,789	13,7
293	20	998,2	2,1	4182	0,597	0,143	993	1,006	7,0
313	40	992,2	3,9	4175	0,633	0,151	658	0,658	4,3
333	60	983,2	5,3	4181	0,658	0,159	472	0,478	3,00
353	80	971,8	6,3	4194	0,673	0,165	352	0,364	2,25
373	100	958,4	7,5	4211	0,682	0,169	278	0,294	1,75
473	200	862,8	13,5	4501	0,665	0,170	139	0,160	0,95
573	300	712,5	29,5	5694	0,564	0,132	92,2	0,128	0,98

Da: K. Raznjevic, *Handbook of Thermodynamic Tables and Charts*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.

CCl₂F₂ (Freon 12)

223	– 50	1547	26,3	875,0	0,067	0,0501	479,6	0,310	6,2	268,4
233	– 40	1519		884,7	0,069	0,0514	423,8	0,279	5,4	
243	– 30	1490		895,6	0,069	0,0526	377,0	0,253	4,8	
253	– 20	1461		907,3	0,071	0,0539	343,3	0,235	4,4	
263	– 10	1429		920,3	0,073	0,0550	315,8	0,221	4,0	
273	0	1397		934,5	0,073	0,0557	299,0	0,214	3,8	
283	10	1364		949,6	0,073	0,0560	276,9	0,203	3,6	
293	20	1330		965,9	0,073	0,0560	263,3	0,198	3,5	
303	30	1295		983,5	0,071	0,0560	251,2	0,194	3,5	
313	40	1257		1001,9	0,069	0,0555	240,1	0,191	3,5	
323	50	1216		1021,6	0,067	0,0545	231,0	0,190	3,5	

Da: E.R.G. Eckert e R.M. Drake, *Analysis of Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972.

(4) La variabilità delle proprietà termofisiche dei liquidi con la pressione è irrilevante, escludendo il campo degli stati prossimi a quello critico.

Tabella B.4. – Proprietà del vapor d'acqua saturo.

TEMP. t (°C)	PRESS. p (bar)	VOLUME SPECIFICO (m ³ /kg)		ENERGIA INTERNA (kJ/kg)			ENTALPIA (kJ/kg)			ENTROPIA (kJ/K kg)		
		$v_f \cdot 10^3$	v_{gs}	u_f	u_{gs}	u_{fg}	h_f	h_{fg}	h_{gs}	s_f	s_{fg}	s_{gs}
0,1	0,006113	1,0002	206,136	0,000	2375,3	2375,3	0,001	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562	9,1562
5	0,008721	1,0001	147,120	20,97	2361,3	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	8,9496	9,0257
10	0,012276	1,0004	106,379	42,00	2347,2	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,7498	8,9008
15	0,017051	1,0009	77,926	62,99	2333,1	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,5569	8,7814
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2319,0	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,3706	8,6672
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2304,9	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,1905	8,5580
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2290,8	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,0164	8,4533
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2276,7	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	7,8478	8,3531
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2262,6	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	7,6845	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2248,4	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	7,5261	8,1648
50	0,12349	1,0121	12,032	209,32	2234,2	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	7,3725	8,0763
55	0,15758	1,0146	9,568	230,21	2219,9	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,2234	7,9913
60	0,19940	1,0172	7,671	251,11	2205,5	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	0,8312	7,0784	7,9096
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2191,1	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	6,9375	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2176,6	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	0,9549	6,8004	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2162,0	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	6,6669	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2147,4	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	6,5369	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2132,6	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	6,4102	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2117,7	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	6,2866	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,9819	397,88	2102,7	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	6,1659	7,4159
100	1,0135	1,0435	1,6729	418,94	2087,6	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	6,0480	7,3549
110	1,4327	1,0516	1,2102	461,14	2057,0	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	5,8202	7,2387
120	1,9853	1,0603	0,8919	503,50	2025,8	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	5,6020	7,1296
130	2,701	1,0697	0,6685	546,02	1993,9	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	5,3925	7,0269
140	3,613	1,0797	0,5089	588,74	1961,3	2550,0	589,13	2144,7	2733,9	1,7391	5,1908	6,9299
150	4,758	1,0905	0,3928	631,68	1927,9	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	4,9960	6,8379
160	6,178	1,1020	0,3071	674,87	1893,5	2568,4	675,55	2082,6	2758,1	1,9427	4,8075	6,7502
170	7,917	1,1143	0,2428	718,33	1858,1	2576,5	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	4,6244	6,6663
180	10,021	1,1274	0,19405	762,09	1821,6	2583,7	763,22	2015,0	2778,2	2,1396	4,4461	6,5857
190	12,544	1,1414	0,15654	806,19	1783,8	2590,0	807,62	1978,9	2786,4	2,2359	4,2720	6,5079
200	15,538	1,1565	0,12736	850,65	1744,7	2595,3	852,45	1940,7	2793,2	2,3309	4,1014	6,4323
210	19,062	1,1726	0,10441	895,53	1703,9	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	3,9337	6,3585
220	23,18	1,1900	0,08661	940,87	1661,5	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	3,7683	6,2861
230	27,95	1,2088	0,07158	986,74	1617,2	2603,9	990,12	1813,8	2804,0	2,6099	3,6047	6,2146
240	33,44	1,2291	0,05976	1033,21	1570,8	2604,0	1037,32	1766,5	2803,8	2,7015	3,4422	6,1437
250	39,73	1,2512	0,05013	1080,39	1522,0	2602,4	1085,36	1716,2	2801,5	2,7927	3,2802	6,0730
260	46,88	1,2755	0,04221	1128,39	1470,6	2599,0	1134,37	1662,5	2796,9	2,8838	3,1181	6,0019
270	54,99	1,3023	0,03564	1177,36	1416,3	2593,7	1184,51	1605,2	2789,7	2,9751	2,9551	5,9301
280	64,12	1,3321	0,03017	1227,46	1358,7	2586,1	1235,99	1543,6	2779,6	3,0668	2,7903	5,8571
290	74,36	1,3656	0,02557	1278,92	1297,1	2576,0	1289,07	1477,1	2766,2	3,1594	2,6227	5,7821
300	85,81	1,4036	0,02167	1332,0	1231,0	2563,0	1344,0	1404,9	2749,0	3,2534	2,4511	5,7045
320	112,74	1,4988	0,015488	1444,6	1080,9	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	2,0882	5,5362
340	143,86	1,6379	0,010795	1570,3	894,3	2464,6	1594,2	1027,9	2622,0	3,6594	1,6763	5,3357
360	186,51	1,8925	0,006948	1724,2	626,3	2351,5	1760,5	720,5	2481,0	3,9147	1,1379	5,0526
374,136	220,9	3,185	0,003155	2029,6	0	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	0	4,4298

Da: J.H. Keenan ed altri, *Steam Tables*, John Wiley & Sons, 1969.

Tabella B.5. – Proprietà termofisiche di solidi metallici (puri).

ELEMENTO	CONDUCIBILITA' TERMICA k (W/m·K)							PROPRIETA' A 293 K o 20°C				Temperatura di fusione (K)
	200 K – 73°C	273 K 0°C	400 K 127°C	600 K 327°C	800 K 527°C	1000 K 727°C	1200 K 927°C	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$a \times 10^6$ (m ² /s)	
Alluminio	237	236	240	232	220			2702	896	236	97,5	933
Argento	403	428	420	405	389	374	358	10500	234	427	173,8	1234
Berillio	301	218	161	126	107	89	73	1850	1750	205	63,3	1550
Bismuto	9,7	8,2						9780	124	7,9	6,51	545
Boro	52,5	31,7	18,7	11,3	8,1	6,3	5,2	2500	1047	28,6	10,9	2573
Cadmio	99,3	97,5	94,7					8650	231	97	48,5	594
Cesio	36,8	36,1						1873	230	36	83,6	302
Cromo	111	94,8	87,3	80,5	71,3	65,3	62,4	7160	440	91,4	29,0	2118
Cobalto	122	104	84,8					8862	389	100	29,0	1765
Ferro	94	83,5	69,4	54,7	43,3	32,6	28,2	7870	452	81,1	22,8	1810
Litio	88,1	79,2	72,1					534	3391	77,4	42,7	454
Magnesio	159	157	153	149	146			1740	1017	156	88,2	923
Manganese	7,17	7,68						7290	486	7,78	2,2	1517
Mercurio	28,9							13546				234
Molibdeno	143	139	134	126	118	112	105	10240	251	138	53,7	2883
Nichel	106	94	80,1	65,5	67,4	71,8	76,1	8900	446	91	22,9	1726
Oro	327	318	312	304	292	278	262	19300	129	316	126,9	1336
Piombo	36,6	35,5	33,8	31,2				11340	129	35,3	24,1	601
Platino	72,4	71,5	71,6	73,0	75,5	78,6	82,6	21450	133	71,4	25,0	2042
Potassio	104	104	52					860	741	103	161,6	337
Rame	413	401	392	383	371	357	342	8933	383	399	116,6	1356
Rodio	154	151	146	136	127	121	115	12450	248	150	48,6	2233
Silicio	264	168	98,9	61,9	42,2	31,2	25,7	2330	703	153	93,4	1685
Sodio	138	135						971	1206	133	113,6	371
Stagno	73,3	68,2	62,2					5750	227	67,0	51,3	505
Titanio	24,5	22,4	20,4	19,4	19,7	20,7	22	4500	611	22,0	8,0	1953
Tungsteno	197	182	162	139	128	121	115	19300	134	179	69,2	3653
Uranio	25,1	27	29,6	34	38,8	43,9	49	19070	113	27,4	12,7	1407
Vanadio	31,5	31,3	32,1	34,2	36,3	38,6	41,2	6100	502	31,4	10,3	2192
Zinco	123	122	116	105				7140	385	121	44,0	693

Da: Kreith F. e Black W.Z., *Basic Heat Transfer*, Harper e Row. Publishers, New York, 1980.

Tabella B.6. – Proprietà termofisiche di solidi metallici (leghe). Appendici 297

Metallo	Composizione per cento	PROPRIETA' A 293 K o 20°C			
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$a \times 10^5$ (m ² /s)
Acciaio	1 C	7801	473	43	1,172
	1,5 C	7753	486	36	0,970
	1 Cr	7865	460	61	1,665
	5 Cr	7833	460	40	1,110
	10 Cr	7785	460	31	0,867
al cromo-nichel	15 Cr, 10 Ni	7865	460	19	0,526
	20 Cr, 15 Ni	7833	460	15,1	0,415
	10 Ni	7945	460	26	0,720
	20 Ni	7993	460	19	0,526
	40 Ni	8169	460	10	0,279
al nichel-cromo	60 Ni	8378	460	19	0,493
	80 Ni, 15 Cr	8522	460	17	0,444
	40 Ni, 15 Cr	8073	460	11,6	0,305
	1 Mn	7865	460	50	1,388
	5 Mn	7849	460	22	0,637
al silicio	1 Si	7769	460	42	1,164
	5 Si	7417	460	19	0,555
	Tipo 304	7817	461	14,4	0,387
	Tipo 347	7817	461	14,3	0,387
	1 W	7913	448	66	1,858
al tungsteno	5 W	8073	435	54	1,525
Bronzo all'alluminio	95 Cu, 5 Al	8666	410	83	2,330
Bronzo	75 Cu, 25 Sn	8666	343	26	0,859
Costantana	60 Cu, 40 Ni	8922	410	22,7	0,612
Duraluminio	94-96 Al, 3-5 Cu tracce Mg	2787	833	164	6,676
Ottone rosso	85 Cu, 9 Sn, 6 Zn	8714	385	61	1,804
Ottone	70 Cu, 30 Zn 62 Cu, 15 Ni, 22 Zn	8522 8618	385 394	111 24,9	3,412 0,733

Da E.R.G. Eckert e R.M. Drake, *Analysis of Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972; F. Kreith, *Principles of Heat Transfer*, 3rd. ed., Crowell New York, 1973.

Tabella B.7 – Proprietà termofisiche di isolanti e materiali da costruzione.

MATERIALE	PROPRIETÀ a 293 K o 20°C			
	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$\alpha \times 10^5$ (m ² /s)
Amianto	383	816	0,113	0,036
Argilla (49 per cento umidità)	1545	880	1,26	0,101
Asfalto	2120		0,698	
Bachelite	1270		0,233	
Calcestruzzo, secco	500	837	0,128	0,049
Carbone, antracite	1370	1260	0,238	0,013-0,015
Cartone			0,14-0,35	
Cemento, duro	590		1,047	
Compensato	913	1830	0,109	
Ghiaccio (0°C)	1250		2,22	0,124
Gomma buna	1150	2009	0,465	
dura	224		0,163	0,0062
Granito	2750		0,055	
Intonaco	1800		3,0	
Kapok	25		0,814	
Lana	200		0,035	
Legno, pino, abete	416-421	2720	0,038	0,0124
quercia	609-801	2390	0,15	
Linoleum	535		0,17-0,21	0,0111-0,0121
Mattoni comuni	1800	840	0,081	
carborundum (50 per cento SiC)	2200		0,38-0,52	0,028-0,034
magnesite (50 per cento MgO)	2000		5,82	
da muratura	1700		2,68	
silicio (95 per cento SiO ₂)	1900		0,658	0,046
zirconio (65 per cento ZrO ₂)	3600		1,07	
Mica	2900		2,44	
Plexiglas	1180		0,523	
Polystyrene	1050		0,195	
Sabbia, asciutta			0,157	
umida	1640		0,582	
Segatura	215		1,13	
Sughero, pannelli	150	1880	0,071	
espanso	120		0,042	0,015-0,044
Terreno, argilloso (28 per cento umidità)	1500		0,036	
sabbioso (8 per cento umidità)	1500		1,51	
Vetro, fibra	220		1,05	
finestra	2800	800	0,035	
lana	50		0,81	0,034
			0,037	

Da: E.R.G. Eckert, R.M. Drake, *Analysis of Heat and Mass Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972; K. Raznjevic, *Handbook of Thermodynamic Tables and Charts*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976; F. Kreith, *Principles of Heat Transfer*, 3rd ed., Crowell, New York, 1973.

Tabella B.8 – Emissione emisferica totale di superfici metalliche.

Metallo	Formula chimica e composizione, in per cento	Stato della superficie	Temperatura		Emissione ϵ
			t °C	T K	
Acciaio		ossidato a 600°C	200	473,15	0,79
			600	873,15	0,79
		tubo	0	273,15	0,745
			200	473,15	0,800
		lamiere	20	293,15	0,057
Alluminio	Al	ossidato a 600°C	200	473,15	0,110
			600	873,15	0,190
		piastra lucidata	23	296,15	0,040
			225	498,15	0,039
			575	848,15	0,057
		piastra non lucidata	25	298,15	0,070
Argento	Ag	lucidata	20	293,15	0,025
			38	311,15	0,0221
			370	643,15	0,0312
Cromo	Cr	lucidata	150	423,15	0,058
Ferro	Fe	del tutto arrugginito	20	293,15	0,85
		elettrolitico, accuratamente lucidata	175	448,15	0,052
			225	498,15	0,064
		ossidato	500	773,15	0,85
			1200	1473,15	0,89
		lucidata	425	698,15	0,144
			1020	1293,15	0,377

Tabella B.8 – Emissione emisferica totale di superfici metalliche.

Nickel	Ni	ossidato	100	373,15	0,41
		ossidato a 600°C	200 600	473,15 873,15	0,370 0,48
Leghe al Nickel	Cr-Ni, 18 ... Ni, 55 ... 68 per cento Cr, 20 per cento Zn	lucidato	100 230 375	373,15 503,15 648,15	0,045 0,070 0,087
		filo	185 1000	458,15 1273,15	0,096 0,186
		ossidato grigio	20	293,15	0,262
Oro	Au	ossidato a 600°C	200 600	473,15 873,15	0,41 0,46
		accuratamente lucidato	225 625	498,15 898,15	0,018 0,035
		non lucidato	20	293,15	0,47
Ottone	Cu-Zn	lucidato	20 130 400	293,15 403,15 673,15	0,025 0,018 0,022
		ossidato	338	611,15	0,22
		ossidato a 600°C	200 600	473,15 873,15	0,61 0,59
Piombo	Pb	lucidato	19 300	292,15 573,15	0,050 0,032
		tubo	—	—	0,208
		ossidato grigio	20	293,15	0,28
		ossidato a 200°C	200	473,15	0,63
		lucidato	130 230	403,15 503,15	0,056 0,074

Platino	Pt	lucidato	225 625	498,15 898,15	0,054 0,104
		striscia	925 1116	1198,15 1388,15	0,12 0,17
Rame	Cu	filo	225 1375	498,15 1648,15	0,073 0,182
		ossidato nero	20	293,15	0,780
		elettrolitico accuratamente lucidato	80	353,15	0,018
		ossidato	130	403,15	0,760
		ossidato a 600°C	200 600	473,15 873,15	0,570 0,550
		lucidato	20 115	293,15 388,15	0,030 0,023
Stagno	Sn	tubo	—	—	0,360
		lucidato	20	293,15	0,070
		filamento	3300	3573,15	0,39
Tungsteno	W	filamento usato	25 3300	298,15 3573,15	0,032 0,035
		ossidato a 400°C	400	673,15	0,11
Zinco	Zn	lucidato	230 325	503,15 598,15	0,045 0,053

Da: K. Raznjevic, *Handbook of Thermodynamic Tables and Charts*, McGraw Hill Book Co., New York, 1976.

Tabella B.9 – Emissenza emisferica totale di superfici non metalliche.

Sostanza	Stato della superficie	Temperatura		Emissenza ϵ
		t	T	
		°C	K	
Amianto, cartone	–	24	297,15	0,96
Argilla	cotta	70	343,15	0,91
Carbone puro	spianato	125 625	398,15 898,15	0,81 0,79
Carbone, filamento	–	1040 1405	1313,15 1678,15	0,53 0,53
Carta	–	20 95	293,15 368,15	0,80 0,92
Cartone, copertura edifici	–	20	293,15	0,93
Gesso	–	0 200	273,15 473,15	0,90 0,90
Ghiaccio	liscio	0	273,15	0,966
	ruvido	0	273,15	0,985
Gomma, morbida	grigia	24	297,15	0,86
dura	nera, ruvida	24	297,15	0,95
Granito	spianato	–	–	0,427
Intonaco, calce	bianco, ruvido	20 200	293,15 473,15	0,93 0,93
Lana, stoffa	–	20	293,15	0,75
Legno	piatlato	20 70	293,15 343,15	0,90 0,925
faggio	piatlato	70	343,15	0,935
quercia	piatlato	21	294,15	0,885
Linoleum	–	20	293,15	0,885

Marmo	grigio chiaro, levigato	22	295,15	0,93
	spianato	–	–	0,545
Mattone	rosso, ruvido	20	293,15	0,93
Mattoni refrattari	alta emissenza	500	773,15	0,80
		600	873,15	0,85
		1000	1273,15	0,90
	bassa emissenza	500	773,15	0,65
		600	873,15	0,70
		1000	1273,15	0,75
Muratura	intonacato	0 200	273,15 473,15	0,93 0,93
Porcellana	–	20	293,15	0,93
Quarzo	–	20	293,15	0,93
Seta, stoffa	–	20	293,15	0,77
Smalto bianco	fuso su ferro	20	293,15	0,90
Vetro	liscio	20	293,15	0,90
		90	363,15	0,94

Da: K. Raznjevic, *Handbook of Thermodynamic Tables and Charts*, McGraw Hill Book Co., New York, 1976.

Tabella B.10 – Emissanza emisferica totale di rivestimenti.

Sostanza	Stato della superficie	Temperatura		Emissanza ϵ
		t	T	
		$^{\circ}\text{C}$	K	
Gommalacca	brillante	21	294,15	0,82
	opaco	75 145	348,15 418,15	0,91 0,91
Pittura, alluminio	ruvido-liscio	100	373,15	0,27 ... 0,67
Pittura all'olio	–	0 200	273,15 473,15	0,885 0,885
Smalto, alluminio	ruvido	20	293,15	0,39
Smalto bianco	–	40 95	313,15 368,15	0,80 0,95
		25	298,15	0,876
	brillante			
nero	opaco	40 95	313,15 368,15	0,96 0,98

Da: K. Raznjevic, *Handbook of Thermodynamics Tables and Charts*, McGraw Hill Book Co., New York, 1976.

RELAZIONI EMPIRICHE PER LA TRASMISSIONE DEL CALORE

Convezione forzata

Flusso su lastra piana isoterma (T_S)

Le proprietà del fluido vanno calcolate alla temperatura di film $T_F = \frac{T_S + T_\infty}{2}$

Assumendo un $Re_{critico} = 5 \times 10^5$ la distanza dal bordo di attacco entro cui il regime di moto resta laminare è dato dalla $Re_{CR} = \frac{w_\infty L_{CR}}{\nu} = 5 \cdot 10^5$

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{per } L \leq L_{CR} \text{ (flusso laminare sull'intera piastra) e } Pr \geq 0,6$$

$$Nu = \frac{hL}{k} = (0,037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3} \quad \text{per } 5 \times 10^5 \leq Re \leq 10^7 \text{ (flusso combinato laminare e turbolento)}$$

$L_{CR} < L \leq 10L_{CR}$ (zona di flusso laminare non trascurabile rispetto a quella turbolenta)
e $0,6 \leq Pr \leq 60$

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,037 Re^{4/5} Pr^{1/3} \quad \text{per } 5 \times 10^5 \leq Re \leq 10^7 \text{ (flusso turbolento sull'intera piastra)}$$

$L > 10L_{CR}$ (zona di flusso laminare $\ll$ di quella turbolenta)
e $0,6 \leq Pr \leq 60$

Flusso su lastra piana non isoterma ma soggetta a flusso termico uniforme

Le proprietà del fluido vanno calcolate alla temperatura di film $T_F = \frac{\bar{T}_S + T_\infty}{2}$ con $T_F = \frac{\bar{T}_S + T_\infty}{2}$

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,453 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{per flusso laminare}$$

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,0308 Re^{0,8} Pr^{1/3} \quad \text{per flusso turbolento}$$

Flusso trasversale su superficie cilindrica isoterma (T_S)

Le proprietà del fluido vanno calcolate alla temperatura di film $T_F = \frac{T_S + T_\infty}{2}$

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,3 + \frac{0,62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \quad \text{per } Re \cdot Pr > 0,2$$

Flusso all'interno di tubi con flusso termico costante sulla superficie ($\dot{q} = \text{cost}$)

Le proprietà del fluido interno vanno calcolate alla temperatura media del fluido $T_M = \frac{\overline{T_U} + \overline{T_I}}{2}$

La potenza termica scambiata è data da $\dot{Q} = \dot{m}c_p(\overline{T_U} - \overline{T_I})$

La temperatura media del fluido in uscita è data dalla $\overline{T_U} = \overline{T_I} + \frac{\dot{q}_s A_{ext}}{\dot{m}c_p}$

La temperatura della superficie crescerà linearmente nella direzione del flusso secondo la:

$$T_s = T_M + \frac{\dot{q}_s}{h}$$

Flusso all'interno di tubi con temperatura superficiale costante ($T_s = \text{cost}$)

Le proprietà del fluido interno vanno calcolate alla temperatura media del fluido $T_M = \frac{\overline{T_U} + \overline{T_I}}{2}$

La potenza termica scambiata è data da $\dot{Q} = h \cdot A \cdot \Delta T_{ln} = h \cdot A \cdot \frac{\overline{T_U} - \overline{T_I}}{\ln \frac{T_s - \overline{T_U}}{T_s - \overline{T_I}}}$

La temperatura media del fluido in uscita è data dalla $\overline{T_U} = T_s - (T_s - \overline{T_I}) \cdot e^{-hA/(\dot{m}c_p)}$

Regimi di flusso all'interno di tubi

Se $Re < 2300$ (regime laminare) oppure se $2300 \leq Re \leq 4000$ (regime di transizione alla turbolenza), le lunghezze di ingresso fluidodinamica e termica sono date dalle:

$$L_{I,F} \approx 0,05 \cdot Re \cdot D$$

$$L_{I,T} \approx 0,05 \cdot Re \cdot Pr \cdot D$$

Se $Re > 4000$ (regime turbolento) le lunghezze di ingresso fluidodinamica e termica sono date dalla:

$$L_{I,F} \approx L_{I,T} \approx 10 \cdot D$$

Regimi di flusso laminare all'interno di tubi

$$Nu = \frac{hD}{k} = 1,86 \cdot \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot D}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu_M}{\mu_s} \right)^{0,14} \quad \text{per } 0,48 \leq Pr < 16700 \text{ e } L < L_{I,T}$$

$$Nu = 3,66 \quad \text{per } L > L_{I,T} \text{ (profilo termico sviluppato)}$$

Regimi di flusso turbolento all'interno di tubi

Regime termico non sviluppato

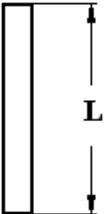
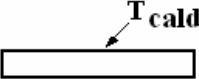
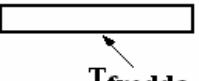
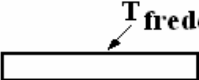
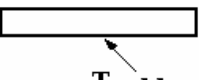
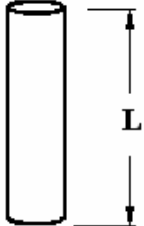
$$Nu = \frac{hD}{k} = 0,036 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{D}{L} \right)^{1/18} \cdot \left(\frac{\mu_M}{\mu_s} \right)^{0,14} \quad \text{per } 0,7 \leq Pr \leq 16700 \text{ e } Re > 10000$$

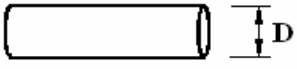
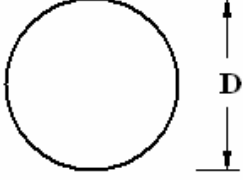
Regime termico sviluppato

$$Nu = \frac{hD}{k} = 0,027 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu_M}{\mu_S} \right)^{0,14} \quad \text{per } 0,7 \leq Pr \leq 16700 \text{ e } Re > 10000$$

Convezione naturale

Le proprietà del fluido vanno calcolate alla temperatura di film $T_F = \frac{T_S + T_\infty}{2}$

Tipo di geometria	Lunghezza caratteristica	Numero di Nusselt	Condizioni
	(Lastra piana verticale) L	$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$	
 Caso 1.1  Caso 1.2	(Piastra orizzontale con sup. calda superiore o fredda inferiore) A/P	$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4}$ $Nu = 0,15 \cdot Ra^{1/3}$	$10^4 < Ra < 10^7$ $10^7 < Ra < 10^{11}$
 Caso 2.1  Caso 2.2	(Piastra orizzontale con sup. fredda superiore o calda inferiore) A/P	$Nu = 0,27 \cdot Ra^{1/4}$	$10^5 < Ra < 10^{11}$
	(Cilindro verticale) L	Può essere trattato come una piastra piana quando	$D \geq \frac{35L}{Gr^{1/4}}$

	(Cilindro orizzontale) D	$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 \cdot Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$	$10^5 < Ra < 10^{12}$
	(Sfera) $\pi D/2$	$Nu = 2 + \frac{0,589 \cdot Ra^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{4/9}}$	$Ra \leq 10^{11}$ $Pr \geq 0,7$