

DATI PER LA FISICA TECNICA

*Proprietà termofisiche
del vapor d'acqua, dell'aria, di fluidi frigoriferi
e di vari materiali.*

Unità di misura

a cura di G. Rodonò e R. Volpes



Università degli Studi di Palermo
Dipartimento di Energetica
Palermo, 2000

INDICE

Simboli	pagina	II
Dati e costanti di uso corrente		1
<i>Tabelle:</i>		
1. Acqua: densità della fase liquida a $p = 101\,325$ Pa		2
2. Acqua: calore specifico c_p della fase liquida a $p = 101\,325$ Pa		2
3. Acqua: equilibrio tra liquido e vapore dal punto triplo a $t = 100^\circ\text{C}$		3
4. Acqua: equilibrio tra liquido e vapore fino alla pressione critica		5
5. Acqua: equilibrio tra solido e vapore dal punto triplo fino a $t = -40^\circ\text{C}$		9
6. Acqua in fase liquida fino a $p = 1000$ bar		9
7. Acqua: vapore surriscaldato		10
8. Acqua a pressione supercritica		16
9. Acqua: proprietà di trasporto del liquido e del vapore saturo		18
10. Atmosfera-tipo internazionale		20
11. Aria secca: proprietà di trasporto a $p = 1,013\,25$ bar		21
12. Proprietà di trasporto di alcuni liquidi in condizioni ordinarie		22
13. Proprietà di trasporto di alcuni aeriformi in condizioni normali ($t = 0^\circ\text{C}$; $p = 1,013\,25$ bar)		22
14. Proprietà di alcuni combustibili gassosi in condizioni normali ($p = 1,013\,25$ bar; $t = 0^\circ\text{C}$)		23
15. Proprietà di alcuni combustibili liquidi in condizioni ordinarie		23
16. Ammoniaca (NH_3 ; fluido refrigerante R717): proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato		24
17. Tetrafluoroetano $\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$ (fluido refrigerante R134a). Proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato		26
18. Freon-12 (diclorodifluorometano CF_2Cl_2 ; fluido refrigerante R12): proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato		28
19. Proprietà termofisiche di alcuni materiali solidi in condizioni ordinarie		30
Il sistema SI di unità di misura		33
Altri sistemi di unità		35
Equivalenze tra unità di misura		37

SIMBOLI

c	velocità del suono	R'	costante del gas (= R/M)
c_p	calore specifico a pressione costante	s	entropia specifica
c_v	calore specifico a volume costante	t	temperatura in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
i	entalpia specifica	T	temperatura termodinamica (K)
k	conduttività termica; rapporto tra i calori specifici (c_p/c_v)	u	energia interna specifica
m	massa	v	volume specifico
M	massa per kilomole di sostanza	V	volume
p	pressione	z	altezza sul livello del mare
Pr	numero di Prandtl	λ_m	percorso libero medio delle molecole
r	calore latente del passaggio di fase	μ	viscosità
R	costante universale dei gas (=8314,3 J/kmol K)	ν	viscosità cinematica
		ρ	densità di massa

Indici

eb	ebollizione	s	saturazione
fus	fusione	v	vapore saturo secco
g	ghiaccio	vap	vaporizzazione
K	punto critico	3	punto triplo
ℓ	liquido saturo		

Tutti i dati, dove non sia diversamente dichiarato, sono espressi nelle unità di base e derivate del SI (Sistema Internazionale).

Caratteri greci

A	α	alfa	H	η	eta	N	ν	ny	T	τ	tau
B	β	beta	Θ	θ	theta	Ξ	ξ	xi	Y	υ	ypsilon
Γ	γ	gamma	I	ι	iota	O	o	omicron	Φ	ϕ	phi
Δ	δ	delta	K	κ	kappa	Π	π	pi	X	χ	chi
E	ε	epsilon	Λ	λ	lambda	P	ρ	rho	Ψ	ψ	psi
Z	ζ	zeta	M	μ	my	Σ	σ	sigma	Ω	ω	omega

DATI E COSTANTI DI USO CORRENTE

$$\pi = 3,141\,592\,653\,59$$

$$e = 2,718\,281\,828\,46$$

Ampiezza dell'angolo piatto: π rad

Ampiezza del semispazio: 2π sr

Velocità della luce nel vuoto: $c = 2,9979 \times 10^8$ m/s

Costante gravitazionale: $G = 6,673 \times 10^{-11}$ N m²/kg²

Costante universale dei gas: $R = 8314,3$ J/kmol K

Numero di Avogadro: $N = 6,0222 \times 10^{26}$ kmol⁻¹

Costante di Boltzmann: $k = 1,3806 \times 10^{-23}$ J/K

Costante della legge di Stefan–Boltzmann sul corpo nero: $\sigma = 5,6697 \times 10^{-8}$ W/m² K⁴

Accelerazione di gravità normale sulla Terra: $g = 9,80665$ m/s²

Condizioni termodinamiche normali: $p = 1$ atm = 101 325 Pa; $t = 0^\circ\text{C}$

Volume molare del gas perfetto in condizioni normali: $V_0 = 22,4135$ m³/kmol

Aria: massa molecolare media: $M = 28,96$

costante del gas: $R/M = 287,1$ J/kg K

rapporto tra i calori specifici del gas: $k = c_p/c_v = 1,40$

densità in condizioni normali: $\rho = 1,29$ kg/m³

viscosità in condizioni normali: $\mu = 18,4 \times 10^{-6}$ Pa s

conduttività termica in condizioni normali: $k = 24,1 \times 10^{-3}$ W/°C m

Acqua: massa molecolare $M = 18,0153$

costante del gas: $R/M = 461,51$ J/kg K

punto triplo: $T_3 = 273,16$ K; $p_3 = 611,2$ Pa

punto critico: $T_K = 647,30$ K; $p_K = 221,2$ bar; $v_K = 3,17 \times 10^{-3}$ m³/kg

liquido in condizioni normali:

densità: $\rho = 999,87$ kg/m³

viscosità: $\mu = 1,752 \times 10^{-3}$ Pa s

conduttività termica: $k = 569 \times 10^{-3}$ W/°C m

liquido saturo a $t = 100^\circ\text{C}$:

densità: $\rho = 958,4$ kg/m³

viscosità: $\mu = 27,9 \times 10^{-6}$ Pa s

conduttività termica: $k = 681 \times 10^{-3}$ W/°C m

vapor saturo a $t = 100^\circ\text{C}$:

densità: $\rho = 0,5977$ kg/m³

viscosità: $\mu = 12 \times 10^{-6}$ Pa s

conduttività termica: $k = 24,8 \times 10^{-3}$ W/°C m

Tabella 1.**Acqua: densità della fase liquida a $p = 101\,325\text{ Pa}$**

Il valore della densità indicato in una cella si riferisce alla temperatura risultante dalla somma dei valori indicati all'inizio della riga e in testa alla colonna.

Unità di misura: t ($^{\circ}\text{C}$); ρ (kg/m^3).

t	0	2	4	6	8
0	999,87	999,97	1000,00	999,97	999,88
10	999,73	999,52	999,27	998,97	998,62
20	998,23	997,80	997,32	996,81	996,26
30	995,67	995,05	994,40	993,71	992,99
40	992,2	991,5	990,7	989,8	989,0
50	988,1	987,2	986,2	985,3	984,3
60	983,2	982,2	981,1	980,1	978,9
70	977,8	976,7	975,5	974,3	973,1
80	971,8	970,6	969,3	968,0	966,7
90	965,3	964,0	962,6	961,2	959,8
100	958,4				

Tabella 2.**Acqua: calore specifico c_p della fase liquida a $p = 101\,325\text{ Pa}$**

Il valore del calore specifico indicato in una cella si riferisce alla temperatura risultante dalla somma dei valori indicati all'inizio della riga e in testa alla colonna.

Unità di misura: t ($^{\circ}\text{C}$); c_p ($\text{J}/\text{kg K}$).

t	0	5	10	15
0	4217,4	4201,9	4191,9	4185,5
20	4181,6	4179,3	4178,2	4177,9
40	4178,3	4179,2	4180,2	4182,1
60	4184,1	4186,5	4189,3	4192,5
80	4196,1	4200,2	4204,8	4210,0
100	4215,7			

Tabella 3.**Acqua: equilibrio tra liquido e vapore dal punto triplo a $t = 100^\circ\text{C}$**

t °C	p_s bar	v_v m ³ /kg	i_ℓ kJ/kg	r kJ/kg	i_v kJ/kg	s_ℓ kJ/kg K	Δs kJ/kg K	s_v kJ/kg K
0,01	0,006112	206,1	(¹)	2500,8	2500,8	0,000	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

¹ Al punto triplo si pone $u = 0$ e $s = 0$; ne consegue che è: $i_\ell = u_\ell + p_\ell v_\ell = p_\ell v_\ell = 0,000\,611\,3$ kJ/kg.

t °C	p_s bar	v_v m ³ /kg	i_ℓ kJ/kg	r kJ/kg	i_v kJ/kg	s_ℓ kJ/kg K	Δs kJ/kg K	s_v kJ/kg K
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

Tabella 4.

Acqua: equilibrio tra liquido e vapore fino alla pressione critica

p_s bar	t °C	v_v m ³ /kg	u_ℓ kJ/kg	u_v kJ/kg	i_ℓ	r kJ/kg	i_v	s_ℓ	Δs kJ/kg K	s_v
0,006112	0,01	206,1	0	2375	(¹)	2501	2501	0,000	9,155	9,155
0,010	7,0	129,2	29	2385	29	2485	2514	0,106	8,868	8,974
0,015	13,0	87,98	55	2393	55	2470	2525	0,196	8,631	8,827
0,020	17,5	67,01	73	2399	73	2460	2533	0,261	8,462	8,723
0,025	21,1	54,26	88	2403	88	2451	2539	0,312	8,330	8,642
0,030	24,1	45,67	101	2408	101	2444	2545	0,354	8,222	8,576
0,035	26,7	39,48	112	2412	112	2438	2550	0,391	8,130	8,521
0,040	29,0	34,80	121	2415	121	2433	2554	0,422	8,051	8,473
0,045	31,0	31,14	130	2418	130	2428	2558	0,451	7,980	8,431
0,050	32,9	28,20	138	2420	138	2423	2561	0,476	7,918	8,394
0,055	34,6	25,77	145	2422	145	2419	2564	0,500	7,860	8,360
0,060	36,2	23,74	152	2425	152	2415	2567	0,521	7,808	8,329
0,065	37,7	22,02	158	2427	158	2412	2570	0,541	7,760	8,301
0,070	39,0	20,53	163	2428	163	2409	2572	0,559	7,715	8,274
0,075	40,3	19,24	169	2430	169	2405	2574	0,576	7,674	8,250
0,080	41,5	18,10	174	2432	174	2402	2576	0,593	7,634	8,227
0,085	42,7	17,10	179	2434	179	2400	2579	0,608	7,598	8,206
0,090	43,8	16,20	183	2435	183	2397	2580	0,622	7,564	8,186
0,095	44,8	15,40	188	2436	188	2394	2582	0,636	7,531	8,167
0,10	45,8	14,67	192	2437	192	2392	2584	0,649	7,500	8,149
0,12	49,4	12,36	207	2442	207	2383	2590	0,696	7,389	8,085
0,14	52,6	10,69	220	2446	220	2376	2596	0,737	7,294	8,031
0,16	55,3	9,432	232	2450	232	2369	2601	0,772	7,213	7,985
0,18	57,8	8,444	242	2453	242	2363	2605	0,804	7,140	7,944
0,20	60,1	7,648	251	2456	251	2358	2609	0,832	7,075	7,907
0,22	62,2	6,994	260	2459	260	2353	2613	0,858	7,016	7,874
0,24	64,1	6,445	268	2461	268	2348	2616	0,882	6,962	7,844
0,26	65,9	5,979	276	2464	276	2343	2619	0,904	6,913	7,817
0,28	67,5	5,578	283	2466	283	2339	2622	0,925	6,866	7,791
0,30	69,1	5,228	289	2468	289	2336	2625	0,944	6,823	7,767
0,32	70,6	4,921	295	2470	295	2332	2627	0,962	6,783	7,745
0,34	72,0	4,649	302	2472	302	2328	2630	0,980	6,745	7,725
0,36	73,4	4,407	307	2473	307	2325	2632	0,996	6,709	7,705
0,38	74,7	4,189	312	2475	312	2322	2634	1,011	6,675	7,686
0,40	75,9	3,992	318	2476	318	2318	2636	1,026	6,643	7,669

¹ Al punto triplo si pone $u = 0$ e $s = 0$; ne consegue che è: $i_\ell = u_\ell + p_\ell v_\ell = p_\ell v_\ell = 0,0006113$ kJ/kg.

p_s bar	t °C	v_v m ³ /kg	u_l kJ/kg	u_v kJ/kg	i_l kJ/kg	r kJ/kg	i_v kJ/kg	s_l kJ/kg K	Δs kJ/kg K	s_v kJ/kg K
0,42	77,1	3,814	323	2478	323	2315	2638	1,040	6,612	7,652
0,44	78,2	3,651	327	2479	327	2313	2640	1,054	6,582	7,636
0,46	79,3	3,502	332	2481	332	2310	2642	1,067	6,554	7,621
0,48	80,3	3,366	336	2482	336	2308	2644	1,079	6,528	7,607
0,50	81,3	3,239	340	2483	340	2305	2645	1,091	6,502	7,593
0,55	83,7	2,964	351	2486	351	2298	2649	1,119	6,442	7,561
0,60	86,0	2,731	360	2489	360	2293	2653	1,145	6,386	7,531
0,65	88,0	2,535	369	2492	369	2288	2657	1,169	6,335	7,504
0,70	90,0	2,364	377	2494	377	2283	2660	1,192	6,282	7,478
0,75	91,8	2,217	384	2496	384	2278	2662	1,213	6,243	7,456
0,80	93,5	2,087	392	2498	392	2273	2665	1,233	6,201	7,434
0,85	95,2	1,972	399	2500	399	2269	2668	1,252	6,162	7,414
0,90	96,7	1,869	405	2502	405	2266	2671	1,270	6,124	7,394
0,95	98,2	1,777	411	2504	411	2262	2673	1,287	6,089	7,376
1,0	99,6	1,694	417	2506	417	2258	2675	1,303	6,056	7,359
1,1	102,3	1,549	429	2510	429	2251	2680	1,333	5,994	7,327
1,2	104,8	1,428	439	2512	439	2244	2683	1,361	5,937	7,298
1,3	107,1	1,325	449	2515	449	2238	2687	1,387	5,884	7,271
1,4	109,3	1,236	458	2517	458	2232	2690	1,411	5,835	7,246
1,5	111,4	1,159	467	2519	467	2226	2693	1,434	5,789	7,223
1,6	113,3	1,091	475	2521	475	2221	2696	1,455	5,747	7,202
1,7	115,2	1,031	483	2524	483	2216	2699	1,475	5,707	7,182
1,8	116,9	0,9774	491	2526	491	2211	2702	1,494	5,669	7,163
1,9	118,6	0,9292	498	2528	498	2206	2704	1,513	5,632	7,145
2,0	120,2	0,8856	505	2530	505	2202	2707	1,530	5,597	7,127
2,1	121,8	0,8461	511	2531	511	2198	2709	1,547	5,564	7,111
2,2	123,3	0,8100	518	2533	518	2193	2711	1,563	5,533	7,096
2,3	124,7	0,7770	524	2534	524	2189	2713	1,578	5,503	7,081
2,4	126,1	0,7466	530	2536	530	2185	2715	1,593	5,474	7,067
2,5	127,4	0,7186	535	2537	535	2182	2717	1,607	5,446	7,053
2,6	128,7	0,6927	541	2539	541	2178	2719	1,621	5,419	7,040
2,7	130,0	0,6686	546	2540	546	2174	2720	1,634	5,393	7,027
2,8	131,2	0,6462	551	2541	551	2171	2722	1,647	5,368	7,015
2,9	132,4	0,6253	556	2543	556	2168	2724	1,660	5,344	7,004
3,0	133,5	0,6057	561	2544	561	2164	2725	1,677	5,321	6,993
3,5	138,9	0,5241	584	2549	584	2148	2732	1,727	5,214	6,941
4,0	143,6	0,4623	605	2554	605	2134	2739	1,776	5,121	6,897
4,5	147,9	0,4139	623	2558	623	2121	2744	1,820	5,037	6,857
5,0	151,8	0,3748	639	2562	640	2109	2749	1,860	4,962	6,822
5,5	155,5	0,3427	655	2565	656	2097	2753	1,897	4,893	6,790

p_s bar	t °C	v_v m ³ /kg	u_ℓ kJ/kg	u_v kJ/kg	i_ℓ kJ/kg	r kJ/kg	i_v kJ/kg	s_ℓ kJ/kg K	Δs kJ/kg K	s_v kJ/kg K
6	158,8	0,3156	669	2568	670	2087	2757	1,931	4,830	6,761
7	165,0	0,2728	696	2573	697	2067	2764	1,992	4,717	6,709
8	170,4	0,2403	720	2577	721	2048	2769	2,046	4,617	6,663
9	175,4	0,2149	742	2581	743	2031	2774	2,094	4,529	6,623
10	179,9	0,1944	762	2584	763	2015	2778	2,138	4,448	6,586
11	184,1	0,1774	780	2586	781	2000	2781	2,179	4,375	6,554
12	188,0	0,1632	797	2588	798	1986	2784	2,216	4,307	6,523
13	191,6	0,1512	813	2590	815	1972	2787	2,251	4,244	6,495
14	195,0	0,1408	828	2593	830	1960	2790	2,284	4,185	6,469
15	198,3	0,1317	843	2595	845	1947	2792	2,315	4,130	6,445
16	201,4	0,1237	857	2596	859	1935	2794	2,344	4,078	6,422
17	204,3	0,1167	870	2597	872	1923	2795	2,372	4,028	6,400
18	207,1	0,1104	883	2598	885	1912	2797	2,398	3,981	6,379
19	209,8	0,1047	895	2599	897	1901	2798	2,423	3,936	6,359
20	212,4	0,09957	907	2600	909	1890	2799	2,447	3,893	6,340
22	217,2	0,09069	928	2601	931	1870	2801	2,492	3,813	6,305
24	221,8	0,08323	949	2602	952	1850	2802	2,534	3,738	6,272
26	226,0	0,07689	969	2603	972	1831	2803	2,574	3,668	6,242
28	230,0	0,07142	988	2603	991	1812	2803	2,611	3,602	6,213
30	233,8	0,06665	1004	2603	1008	1795	2803	2,645	3,541	6,186
32	237,4	0,06246	1021	2603	1025	1778	2803	2,679	3,482	6,161
34	240,9	0,05875	1038	2603	1042	1761	2803	2,710	3,426	6,136
36	244,2	0,05544	1054	2602	1058	1744	2802	2,740	3,373	6,113
38	247,3	0,05246	1068	2602	1073	1729	2802	2,769	3,322	6,091
40	250,3	0,04977	1082	2602	1087	1714	2801	2,797	3,273	6,070
42	253,2	0,04732	1097	2601	1102	1698	2800	2,823	3,226	6,049
44	256,0	0,04509	1109	2600	1115	1683	2798	2,849	3,180	6,029
46	258,8	0,04305	1123	2599	1129	1668	2797	2,874	3,136	6,010
48	261,4	0,04117	1136	2598	1142	1654	2796	2,897	3,049	5,991
50	263,9	0,03944	1149	2597	1155	1639	2794	2,921	3,052	5,973
55	269,9	0,03563	1178	2594	1185	1605	2790	2,976	2,955	5,931
60	275,6	0,03244	1206	2590	1214	1570	2784	3,027	2,863	5,890
65	280,8	0,02972	1232	2586	1241	1538	2779	3,076	2,775	5,851
70	285,8	0,02737	1258	2581	1267	1505	2772	3,122	2,692	5,814
75	290,5	0,02532	1283	2576	1293	1473	2766	3,166	2,613	5,779
80	295,0	0,02352	1306	2570	1317	1441	2758	3,207	2,537	5,744
85	299,2	0,02192	1329	2565	1341	1410	2751	3,248	2,463	5,711
90	303,3	0,02048	1351	2559	1364	1379	2743	3,286	2,393	5,679
95	307,2	0,01919	1372	2552	1386	1348	2734	3,324	2,323	5,647
100	311,0	0,01802	1393	2545	1408	1317	2725	3,360	2,255	5,615

p_s bar	t °C	v_v m ³ /kg	u_ℓ kJ/kg	u_v kJ/kg	i_ℓ kJ/kg	r kJ/kg	i_v kJ/kg	s_ℓ kJ/kg K	Δs kJ/kg K	s_v kJ/kg K
105	314,6	0,01696	1414	2537	1429	1286	2715	3,395	2,189	5,584
110	318,0	0,01598	1434	2529	1450	1255	2705	3,430	2,213	5,553
115	321,4	0,01508	1454	2522	1471	1224	2695	3,463	2,060	5,523
120	324,6	0,01426	1473	2514	1491	1194	2685	3,496	1,997	5,493
125	327,8	0,01349	1492	2505	1511	1163	2674	3,529	1,934	5,463
130	330,8	0,01278	1511	2496	1531	1131	2662	3,561	1,872	5,433
135	333,8	0,01211	1530	2487	1551	1099	2650	3,592	1,811	5,403
140	336,6	0,01149	1548	2477	1571	1067	2638	3,623	1,750	5,373
145	339,4	0,01090	1567	2467	1591	1034	2625	3,654	1,689	5,343
150	342,1	0,01035	1585	2456	1610	1001	2611	3,685	1,627	5,312
155	344,8	0,00982	1604	2445	1630	967	2597	3,715	1,565	5,280
160	347,3	0,00932	1623	2433	1650	932	2582	3,746	1,502	5,248
165	349,8	0,00884	1641	2420	1670	895	2565	3,777	1,437	5,214
170	352,3	0,00838	1660	2406	1690	858	2548	3,808	1,373	5,181
175	354,6	0,00794	1679	2391	1711	819	2530	3,839	1,305	5,144
180	357,0	0,00751	1699	2375	1732	778	2510	3,872	1,236	5,108
185	359,2	0,00709	1719	2358	1754	735	2489	3,905	1,163	5,068
190	361,4	0,00668	1740	2339	1777	689	2466	3,941	1,086	5,027
195	363,6	0,00627	1762	2318	1801	639	2440	3,977	1,004	4,981
200	365,7	0,00585	1786	2294	1827	584	2411	4,014	0,914	4,928
202	366,5	0,00569	1796	2283	1838	560	2398	4,031	0,875	4,906
204	367,4	0,00522	1806	2271	1849	535	2384	4,049	0,835	4,884
206	368,2	0,00534	1817	2259	1861	508	2369	4,067	0,792	4,859
208	369,0	0,00517	1829	2245	1874	479	2353	4,087	0,745	4,832
210	369,8	0,00498	1842	2231	1889	447	2336	4,108	0,695	4,803
212	370,6	0,00479	1856	2214	1904	412	2316	4,131	0,640	4,771
214	371,4	0,00458	1871	2196	1921	373	2294	4,157	0,579	4,736
216	372,1	0,00436	1888	2174	1940	328	2268	4,186	0,508	4,694
218	372,9	0,00409	1911	2146	1965	270	2235	4,224	0,417	4,641
220	373,7	0,00368	1949	2097	2008	170	2178	4,289	0,263	4,552
221,2	374,15	0,00317	2014	2014	2084	0	2084	4,406	0	4,406

Tabella 5.**Acqua: equilibrio tra solido e vapore dal punto triplo fino a $t = -40^{\circ}\text{C}$**

t $^{\circ}\text{C}$	p_s Pa	v_g cm^3/kg	v_v m^3/kg	u_g kJ/kg	u_v kJ/kg	i_g kJ/kg	i_v kJ/kg	s_g kJ/kg K	s_v kJ/kg K
0,01	611,2	1091	206,1	-333,5	2374,7	-333,5	2500,8	-1,221	9,155
-10	259,8	1089	467,5	-354,2	2360,8	-354,2	2482,2	-1,298	9,481
-20	103,8	1087	1125	-374,1	2346,8	-374,1	2463,6	-1,375	9,835
-30	38,09	1086	2946	-393,3	2332,9	-393,3	2445,1	-1,452	10,221
-40	12,88	1084	8354	-411,8	2319,0	-411,8	2426,6	-1,530	10,644

Tabella 6.**Acqua in fase liquida fino a $p = 1000$ bar**Unità di misura: p (bar); t ($^{\circ}\text{C}$); v (cm^3/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

	$t =$	0,01	100	200	250	300	350	374,15
P (t_s)	p_s	0,006112	1,01325	15,55	39,78	85,92	165,4	221,2
	v_ℓ	1000	1044	1157	1251	1404	1741	3170
	i_ℓ	0	419	852	1086	1345	1671	2084
	s_ℓ	0	1,307	2,331	2,793	3,255	3,779	4,430
100 (311,0)	$v-v_\ell$	-0,5	-0,6	-0,9	-1,1	-7		
	$i-i_\ell$	10	7	4	0	-2		
	$s-s_\ell$	0,000	-0,008	-0,013	-0,014	-0,07		
221,2 (374,15)	$v-v_\ell$	-1,1	-1,2	-2,0	-2,9	-5,1	-1,07	0
	$i-i_\ell$	22	17	9	1	-12	-34	0
	$s-s_\ell$	0,001	-0,017	-0,031	-0,040	-0,053	-0,071	0
500	$v-v_\ell$	-2,3	-2,4	-4,2	-6,4	-11,7	-29,8	-161
	$i-i_\ell$	49	38	23	8	-21	-94	-369
	$s-s_\ell$	0,000	-0,037	-0,068	-0,091	-0,134	-0,235	-0,670
1000	$v-v_\ell$	-4,4	-4,4	-7,5	-11,1	-19,1	-42,7	-180
	$i-i_\ell$	96	76	51	28	-17	-119	-415
	$s-s_\ell$	-0,007	-0,070	-0,124	-0,164	-0,235	-0,385	-0,853

Tabella 7.
Acqua: vapore surriscaldato

p_s (t_s)	t_s	$t = 50$	100	150	200	250	300	400	500	
0,006112 (0,01)	v	206,1	243,9	281,7	319,5	357,3	395,0	432,8	508,3	583,8
	u	2375	2446	2517	2589	2662	2737	2812	2969	3132
	i	2501	2595	2689	2784	2880	2978	3077	3280	3489
	s	9,155	9,468	9,739	9,978	10,193	10,390	10,571	10,897	11,187
0,01 (7,0)	v	129,2	149,1	172,2	195,3	218,4	241,4	264,5	310,7	356,8
	u	2385	2446	2517	2589	2662	2737	2812	2969	3132
	i	2514	2595	2689	2784	2880	2978	3077	3280	3489
	s	8,974	9,241	9,512	9,751	9,966	10,163	10,344	10,670	10,960
0,05 (32,9)	v	28,20	29,78	34,42	39,04	43,66	48,28	52,90	62,13	71,36
	u	2420	2445	2516	2589	2662	2737	2812	2969	3132
	i	2561	2594	2688	2784	2880	2978	3077	3280	3489
	s	8,394	8,496	8,768	9,008	9,223	9,420	9,601	9,927	10,217
0,1 (45,8)	v	14,67	14,87	17,20	19,51	21,83	24,14	26,45	31,06	35,68
	u	2437	2443	2516	2588	2662	2736	2812	2969	3132
	i	2584	2592	2688	2783	2880	2977	3077	3280	3489
	s	8,149	8,173	8,447	8,688	8,903	9,100	9,281	9,607	9,897
0,5 (81,3)	v	3,239		3,420	3,890	4,356	4,821	5,284	6,209	7,134
	u	2483		2512	2585	2660	2735	2812	2969	3132
	i	2645		2683	2780	2878	2976	3076	3279	3489
	s	7,593		7,694	7,940	8,158	8,355	8,537	8,864	9,154
0,75 (91,8)	v	2,217		2,271	2,588	2,901	3,211	3,521	4,138	4,755
	u	2496		2510	2585	2659	2734	2811	2969	3132
	i	2662		2680	2779	2877	2975	3075	3279	3489
	s	7,456		7,500	7,750	7,969	8,167	8,349	8,676	8,967

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (m³/kg); u (kJ/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

P_s (t_s)	t_s	$t = 100$	150	200	250	300	400	500	
1 (99,6)	v	1,694	1,696	1,937	2,173	2,406	2,639	3,103	3,565
	u	2506	2506	2583	2659	2734	2811	2968	3131
	i	2675	2676	2777	2876	2975	3075	3278	3488
	s	7,359	7,360	7,614	7,834	8,033	8,215	8,543	8,834
1,01325 (100,0)	v	1,673		1,912	2,145	2,375	2,604	3,062	3,519
	u	2506		2583	2659	2734	2811	2968	3131
	i	2676		2777	2876	2975	3075	3278	3488
	s	7,355		7,608	7,828	8,027	8,209	8,537	8,828
1,5 (111,4)	v	1,159		1,286	1,445	1,601	1,757	2,067	2,376
	u	2519		2580	2656	2733	2809	2967	3131
	i	2693		2773	2873	2973	3073	3277	3488
	s	7,223		7,420	7,643	7,843	8,027	8,355	8,646
2 (120,2)	v	0,8856		0,9602	1,081	1,199	1,316	1,549	1,781
	u	2530		2578	2655	2731	2809	2967	3131
	i	2707		2770	2871	2971	3072	3277	3487
	s	7,127		7,280	7,507	7,708	7,892	8,221	8,513
3 (133,5)	v	0,6057		0,6342	0,7166	0,7965	0,8754	1,031	1,187
	u	2544		2572	2651	2729	2807	2966	3130
	i	2725		2762	2866	2968	3070	3275	3486
	s	6,993		7,078	7,312	7,517	7,702	8,032	8,324
4 (143,6)	v	0,4623		0,4710	0,5345	0,5953	0,6549	0,7725	0,8893
	u	2554		2565	2648	2727	2805	2965	3129
	i	2739		2753	2862	2965	3067	3274	3485
	s	6,897		6,929	7,172	7,379	7,566	7,898	8,191

Unità di misura: p (bar); t ($^{\circ}\text{C}$); v (m^3/kg); u (kJ/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

p_s (t_s)	t_s	$t = 200$	250	300	350	400	450	500	600	
5 (151,8)	v	0,3748	0,4252	0,4745	0,5226	0,5701	0,6172	0,6641	0,7108	0,8040
	u	2562	2644	2725	2804	2883	2963	3045	3129	3300
	i	2749	2857	2962	3065	3168	3272	3377	3484	3702
	s	6,822	7,060	7,271	7,460	7,633	7,793	7,944	8,087	8,351
6 (158,8)	v	0,3156	0,3522	0,3940	0,4344	0,4743	0,5136	0,5528	0,5919	0,6697
	u	2568	2640	2722	2801	2881	2962	3044	3128	3299
	i	2757	2851	2958	3062	3166	3270	3376	3483	3701
	s	6,761	6,968	7,182	7,373	7,546	7,707	7,858	8,001	8,267
7 (165,0)	v	0,2728	0,3001	0,3364	0,3714	0,4058	0,4397	0,4734	0,5069	0,5737
	u	2573	2636	2720	2800	2880	2961	3043	3127	3298
	i	2764	2846	2955	3060	3164	3269	3374	3482	3700
	s	6,709	6,888	7,106	7,298	7,473	7,634	7,786	7,929	8,195
8 (170,4)	v	0,2403	0,2610	0,2933	0,3242	0,3544	0,3842	0,4138	0,4432	0,5018
	u	2577	2631	2716	2798	2878	2960	3042	3126	3298
	i	2769	2840	2951	3057	3161	3267	3373	3481	3699
	s	6,663	6,816	7,040	7,233	7,409	7,571	7,723	7,866	8,132
9 (175,4)	v	0,2149	0,2305	0,2597	0,2874	0,3144	0,3410	0,3674	0,3937	0,4458
	u	2581	2628	2714	2796	2877	2959	3041	3126	3298
	i	2774	2835	2948	3055	3160	3266	3372	3480	3699
	s	6,623	6,753	6,980	7,176	7,352	7,515	7,667	7,811	8,077
10 (179,9)	v	0,1944	0,2061	0,2328	0,2580	0,2825	0,3065	0,3303	0,3540	0,4010
	u	2584	2623	2711	2794	2875	2957	3040	3124	3297
	i	2778	2829	2944	3052	3158	3264	3370	3478	3698
	s	6,586	6,695	6,926	7,124	7,301	7,464	7,617	7,761	8,028
15 (198,3)	v	0,1317	0,1324	0,1520	0,1697	0,1865	0,2029	0,2191	0,2351	0,2667
	u	2595	2597	2697	2784	2868	2952	3035	3120	3294
	i	2792	2796	2925	3039	3148	3256	3364	3473	3694
	s	6,445	6,452	6,711	6,919	7,102	7,268	7,423	7,569	7,838

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (m³/kg); u (kJ/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

p_s (t_s)	t_s	$t = 250$	300	350	400	450	500	600	
20 (212,4)	v	0,0996	0,1115	0,1255	0,1386	0,1511	0,1634	0,1756	0,1995
	u	2600	2681	2774	2861	2946	3030	3116	3291
	i	2799	2904	3025	3138	3248	3357	3467	3690
	s	6,340	6,547	6,768	6,957	7,126	7,283	7,431	7,701
30 (233,8)	v	0,0666	0,0706	0,0812	0,0905	0,0993	0,1078	0,1161	0,1324
	u	2603	2646	2751	2845	2933	3020	3108	3285
	i	2803	2858	2995	3117	3231	3343	3456	3682
	s	6,186	6,289	6,541	6,744	6,921	7,082	7,233	7,507
40 (250,3)	v	0,0498		0,0588	0,0664	0,0733	0,0800	0,0864	0,0988
	u	2602		2728	2828	2921	3010	3099	3279
	i	2801		2963	3094	3214	3330	3445	3674
	s	6,070		6,364	6,584	6,769	6,935	7,089	7,368
50 (263,9)	v	0,0394		0,0453	0,0519	0,0578	0,0632	0,0685	0,0786
	u	2597		2700	2810	2907	3000	3090	3273
	i	2794		2927	3070	3196	3316	3433	3666
	s	5,973		6,212	6,451	6,646	6,818	6,975	7,258
60 (275,6)	v	0,0324		0,0362	0,0422	0,0473	0,0521	0,0566	0,0652
	u	2590		2670	2792	2893	2988	3081	3266
	i	2784		2887	3045	3177	3301	3421	3657
	s	5,890		6,071	6,336	6,541	6,719	6,879	7,166
70 (285,8)	v	0,0274		0,0295	0,0352	0,0399	0,0441	0,0481	0,0556
	u	2581		2634	2772	2879	2978	3073	3260
	i	2772		2841	3018	3158	3287	3410	3649
	s	5,814		5,934	6,231	6,448	6,632	6,796	7,088

Unità di misura: p (bar); t ($^{\circ}\text{C}$); v (m^3/kg); u (kJ/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

p_s (t_s)	t_s	$t = 350$	375	400	425	450	500	600	700	
80 (295,0)	v	23,52	29,94	32,20	34,28	36,25	38,12	41,70	48,39	54,76
	i	2758	2990	3067	3139	3207	3272	3398	3641	3881
	s	5,744	6,133	6,255	6,364	6,463	6,555	6,723	7,019	7,279
90 (303,3)	v	20,48	25,78	27,94	29,91	31,73	33,46	36,73	42,79	48,52
	i	2743	2959	3042	3118	3189	3256	3385	3633	3874
	s	5,679	6,039	6,171	6,286	6,390	6,484	6,657	6,958	7,220
100 (311,0)	v	18,02	22,41	24,53	26,39	28,12	29,72	32,75	38,31	43,53
	i	2725	2926	3017	3097	3172	3241	3373	3624	3868
	s	5,615	5,947	6,091	6,213	6,321	6,419	6,596	6,902	7,166
110 (318,0)	v	15,98	19,60	21,69	23,50	25,14	26,66	29,49	34,65	39,45
	i	2705	2889	2989	3075	3153	3225	3360	3616	3862
	s	5,553	5,865	6,014	6,143	6,257	6,358	6,539	6,850	7,117
120 (324,6)	v	14,26	17,19	19,31	21,07	22,65	24,10	26,77	31,59	36,05
	i	2685	2849	2960	3052	3134	3209	3348	3607	3856
	s	5,493	5,762	5,937	6,076	6,195	6,301	6,487	6,802	7,072
130 (330,8)	v	12,78	15,09	17,26	19,01	20,53	21,93	24,47	29,01	33,18
	i	2662	2804	2929	3028	3114	3192	3335	3599	3850
	s	5,433	5,664	5,862	6,011	6,136	6,246	6,437	6,758	7,030
140 (336,6)	v	11,49	13,21	15,48	17,22	18,72	20,06	22,50	26,79	30,71
	i	2638	2753	2896	3003	3093	3175	3322	3590	3843
	s	5,373	5,559	5,784	5,946	6,079	6,193	6,390	6,716	6,991
150 (342,1)	v	10,35	11,46	13,91	15,66	17,14	18,44	20,78	24,87	28,57
	i	2611	2693	2861	2977	3073	3157	3309	3581	3837
	s	5,312	5,443	5,707	5,883	6,023	6,142	6,345	6,677	6,954
160 (347,3)	v	9,32	9,76	12,48	14,27	15,73	17,02	18,28	23,19	26,70
	i	2582	2617	2821	2949	3051	3139	3295	3573	3831
	s	5,248	5,304	5,626	5,820	5,968	6,093	6,301	6,639	6,919

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (dm³/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

P_s (t_s)	t_s	$t = 350$	375	400	425	450	500	600	700
170 (352,3)	v	8,38	11,17	13,03	14,49	15,76	17,96	21,71	25,06
	i	2548	2778	2920	3028	3121	3281	3564	3825
	s	5,181	5,541	5,756	5,914	6,044	6,260	6,603	6,886
180 (357,0)	v	7,51	9,97	11,91	13,38	14,63	16,78	20,39	23,59
	i	2510	2729	2888	3004	3102	3268	3555	3818
	s	5,108	5,449	5,691	5,861	5,997	6,219	6,569	6,855
190 (361,4)	v	6,68	8,82	10,89	12,38	13,62	15,72	19,21	22,28
	i	2466	2674	2855	2980	3082	3254	3546	3812
	s	5,027	5,348	5,625	5,807	5,950	6,180	6,536	6,825
200 (365,7)	v	5,85	7,68	9,95	11,47	12,70	14,77	18,15	21,10
	i	2411	2605	2819	2955	3062	3239	3537	3806
	s	4,928	5,228	5,556	5,753	5,904	6,142	6,505	6,796
210 (369,8)	v	4,98	6,50	9,08	10,64	11,87	13,90	17,19	20,03
	i	2336	2500	2781	2928	3041	3225	3528	3799
	s	4,803	5,050	5,484	5,699	5,859	6,105	6,474	6,768
220 (373,7)	v	3,68	4,50	8,25	9,87	11,11	13,12	16,32	19,06
	i	2178	2300	2738	2900	3020	3210	3519	3793
	s	4,442	4,725	5,409	5,645	5,813	6,068	6,444	6,742
221,2 (374,15) (¹)	v	3,17	1,63	3,51	8,16	9,78	11,03	13,03	16,22
	i	2084	1637	2139	2733	2896	3017	3208	3518
	s	4,406	3,708	4,490	5,398	5,638	5,807	6,064	6,441

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (dm³/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

¹ Nelle condizioni $p = 221,2$ bar e $t = 350$ °C l'acqua si trova allo stato liquido.

Tabella 8.
Acqua in condizioni supercritiche

p		$t = 350$	375	400	425	450	500	600	700	800
225	v	1,63	2,49	7,86	9,51	10,76	12,75	15,91	18,61	21,09
	i	1635	1980	2716	2885	3009	3203	3514	3790	4050
	s	3,704	4,470	5,369	5,616	5,790	6,050	6,430	6,729	6,988
250	v	1,60	1,98	6,01	7,89	9,17	11,13	14,12	16,62	18,90
	i	1625	1850	2580	2807	2951	3165	3491	3774	4043
	s	3,682	4,026	5,142	5,474	5,677	5,962	6,361	6,667	6,931
275	v	1,58	1,87	4,19	6,50	7,86	9,80	12,65	15,00	17,10
	i	1617	1814	2382	2718	2890	3125	3468	3758	4032
	s	3,662	3,985	4,828	5,320	5,562	5,878	6,296	6,610	6,878
300	v	1,55	1,80	2,82	5,30	6,74	8,68	11,43	13,64	15,61
	i	1610	1791	2157	2614	2823	3084	3445	3742	4020
	s	3,645	3,933	4,482	5,157	5,444	5,795	6,234	6,557	6,829
350	v	1,52	1,71	2,11	3,43	4,96	6,93	9,52	11,52	13,27
	i	1599	1762	1992	2375	2673	2998	3397	3709	3997
	s	3,614	3,875	4,219	4,776	5,197	5,633	6,120	6,459	6,741
400	v	1,49	1,64	1,91	2,55	3,69	5,62	8,09	9,93	11,52
	i	1590	1743	1935	2203	2514	2906	3348	3677	3974
	s	3,588	3,832	4,119	4,510	4,947	5,474	6,014	6,371	6,662
450	v	1,46	1,60	1,81	2,19	2,91	4,63	6,98	8,70	10,16
	i	1583	1729	1901	2115	2380	2813	3299	3644	3951
	s	3,565	3,797	4,056	4,368	4,740	5,320	5,914	6,290	6,590
500	v	1,44	1,56	1,73	2,01	2,49	3,88	6,11	7,72	9,08
	i	1577	1717	1879	2064	2288	2722	3249	3612	3928
	s	3,544	3,768	4,009	4,279	4,594	5,176	5,821	6,214	6,524
550	v	1,43	1,53	1,68	1,90	2,24	3,34	5,40	6,93	8,20
	i	1572	1709	1862	2030	2227	2641	3200	3579	3905
	s	3,525	3,742	3,971	4,218	4,494	5,047	5,731	6,144	6,462

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (dm³/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

TABELLA 8 - ACQUA IN CONDIZIONI SUPERCRITICHE

p		$t = 350$	375	400	425	450	500	600	700	800
600	v	1,41	1,51	1,64	1,82	2,09	2,95	4,83	6,27	7,47
	i	1568	1702	1848	2005	2184	2571	3152	3548	3883
	s	3,506	3,718	3,939	4,168	4,419	4,937	5,648	6,077	6,405
650	v	1,39	1,48	1,60	1,76	1,98	2,67	4,36	5,72	6,85
	i	1565	1696	1837	1986	2151	2541	3106	3517	3860
	s	3,489	3,697	3,910	4,128	4,360	4,845	5,568	6,014	6,352
700	v	1,38	1,46	1,57	1,71	1,89	2,47	3,97	5,26	6,33
	i	1561	1691	1829	1971	2127	2468	3062	3486	3839
	s	3,473	3,678	3,886	4,093	4,312	4,769	5,494	5,955	6,300
750	v	1,37	1,45	1,54	1,67	1,83	2,31	3,65	4,86	5,87
	i	1559	1687	1821	1958	2107	2431	3021	3456	3817
	s	3,459	3,659	3,863	4,064	4,272	4,705	5,425	5,899	6,252
800	v	1,36	1,43	1,52	1,63	1,78	2,19	3,38	4,52	5,48
	i	1557	1684	1815	1948	2091	2400	2983	3428	3797
	s	3,444	3,642	3,842	4,037	4,237	4,651	5,361	5,845	6,206
900	v	1,33	1,40	1,48	1,58	1,69	2,02	2,96	3,96	4,84
	i	1554	1678	1805	1932	2066	2353	2916	3373	3756
	s	3,418	3,612	3,805	3,991	4,179	4,563	5,248	5,746	6,120
1000	v	1,31	1,38	1,45	1,53	1,63	1,89	2,67	3,54	4,34
	i	1552	1674	1798	1920	2048	2319	2860	3324	3718
	s	3,394	3,584	3,773	3,951	4,131	4,493	5,153	5,656	6,042

Unità di misura: p (bar); t (°C); v (dm³/kg); i (kJ/kg); s (kJ/kg K).

Tabella 9.
Acqua: proprietà di trasporto del liquido e del vapore saturo

t °C	p_s bar	v_ℓ cm ³ /kg	$c_{p,\ell}$ kJ/kg K	$c_{p,v}$ kJ/kg K	μ_ℓ μPa s	μ_v μPa s	k_ℓ mW/K m	k_v mW/K m	Pr_ℓ	Pr_v
0,01	0,006112	1000,2	4,210	1,86	1752	8,49	569	16,3	12,96	0,97
5	0,008719	1000,1	4,204	1,86	1501	8,66	578	16,7	10,92	0,96
10	0,01227	1000,3	4,193	1,86	1300	8,83	587	17,1	9,29	0,96
15	0,01704	1001,0	4,186	1,87	1136	9,00	595	17,5	7,99	0,96
20	0,02337	1001,8	4,183	1,87	1002	9,18	603	17,9	6,95	0,96
25	0,03166	1003,0	4,181	1,88	890	9,35	611	18,3	6,09	0,96
30	0,04242	1004,4	4,179	1,88	797	9,52	618	18,7	5,39	0,96
35	0,05622	1006,0	4,178	1,88	718	9,70	625	19,1	4,80	0,96
40	0,07375	1007,9	4,179	1,89	651	9,87	632	19,5	4,30	0,96
45	0,09582	1009,9	4,181	1,89	594	10,0	638	19,9	3,89	0,95
50	0,1233	1012	4,182	1,90	544	10,2	643	20,4	3,54	0,95
55	0,1574	1015	4,183	1,90	501	10,4	648	20,8	3,23	0,95
60	0,1992	1017	4,185	1,91	463	10,6	653	21,2	2,97	0,95
65	0,2501	1020	4,188	1,92	430	10,7	658	21,6	2,74	0,95
70	0,3116	1023	4,191	1,93	400	10,9	662	22,0	2,53	0,96
75	0,3855	1026	4,194	1,94	374	11,1	666	22,5	2,36	0,96
80	0,4736	1029	4,198	1,95	351	11,3	670	22,9	2,20	0,96
85	0,5780	1032	4,203	1,96	330	11,4	673	23,3	2,06	0,96
90	0,7011	1036	4,208	1,97	311	11,6	676	23,8	1,94	0,96
95	0,8453	1040	4,213	1,99	294	11,8	678	24,3	1,83	0,97
100	1,01325	1044	4,219	2,01	279	12,0	681	24,8	1,73	0,97
105	1,208	1048	4,226	2,03	265	12,2	683	25,3	1,64	0,98
110	1,433	1052	4,233	2,05	252	12,4	684	25,8	1,56	0,99
115	1,691	1056	4,240	2,07	241	12,6	686	26,3	1,49	0,99
120	1,985	1060	4,248	2,09	230	12,8	687	26,8	1,42	1,00
125	2,321	1065	4,26	2,12	220	13,0	687	27,3	1,36	1,01
130	2,701	1070	4,27	2,15	211	13,2	688	27,8	1,31	1,02
135	3,131	1075	4,28	2,18	203	13,4	688	28,3	1,26	1,03
140	3,614	1080	4,29	2,21	195	13,5	688	28,8	1,22	1,04
145	4,155	1085	4,30	2,25	188	13,7	687	29,4	1,18	1,05

Tabella 10.
Atmosfera-tipo internazionale

z m	p bar	T K	ρ kg/m ³	ν mm ² /s	k mW/K m	c m/s	λ_m nm
-500	1,0748	291,4	1,2849	14,05	25,60	342,2	63
0	1,01325	288,15	1,2250	14,61	25,34	340,3	66
500	0,9546	284,9	1,1673	15,20	25,09	338,4	70
1000	0,8988	281,7	1,1117	15,81	24,83	336,4	73
1500	0,8456	278,4	1,0582	16,46	24,57	334,5	77
2000	0,7950	275,2	1,0066	17,15	24,31	332,5	81
2500	0,7469	271,9	0,9570	17,87	24,05	330,6	85
3000	0,7012	268,7	0,9093	18,63	23,79	328,6	89
3500	0,6578	265,4	0,8634	19,43	23,53	326,6	94
4000	0,6166	262,2	0,8194	20,28	23,27	324,6	99
4500	0,5775	258,9	0,7770	21,17	23,01	322,6	105
5000	0,5405	255,7	0,7365	22,11	22,75	320,5	110
5500	0,5054	252,4	0,6975	23,11	22,48	318,5	117
6000	0,4722	249,2	0,6602	24,16	22,22	316,5	123
6500	0,4408	245,9	0,6243	25,28	21,95	314,4	130
7000	0,4111	242,7	0,5901	26,46	21,69	312,3	138
7500	0,3830	239,5	0,5573	27,71	21,42	310,2	146
8000	0,3565	236,2	0,5258	29,04	21,15	308,1	155
8500	0,3315	233,0	0,4958	30,46	20,88	306,0	164
9000	0,3080	229,7	0,4671	31,96	20,61	303,8	174
9500	0,2858	226,5	0,4397	33,55	20,34	301,7	185
10000	0,2650	223,3	0,4136	35,25	20,07	299,5	197
10500	0,2454	220,0	0,3886	37,06	19,80	297,4	209
11000	0,2270	216,8	0,3648	38,99	19,53	295,2	223
11500	0,2098	216,7	0,3375	42,13	19,52	295,1	241
12000	0,1940	216,7	0,3119	45,57	19,52	295,1	261
12500	0,1793	216,7	0,2884	49,30	19,52	295,1	282
13000	0,1658	216,7	0,2666	53,33	19,52	295,1	305
14000	0,1417	216,7	0,2279	62,39	19,52	295,1	357
15000	0,1211	216,7	0,1948	73,00	19,52	295,1	418
16000	0,1035	216,7	0,1665	85,40	19,52	295,1	488
17000	0,08850	216,7	0,1423	99,90	19,52	295,1	571
18000	0,07565	216,7	0,1216	116,86	19,52	295,1	668
19000	0,06467	216,7	0,1040	136,70	19,52	295,1	781
20000	0,05529	216,7	0,08891	159,89	19,52	295,1	914

Simboli: c = velocità del suono; λ_m = percorso libero medio delle molecole.

Tabella 11.**Aria secca: proprietà di trasporto a $p = 1,013\ 25$ bar**

T K	c_p kJ/kg K	c_v kJ/kg K	c_p/c_v	μ $\mu\text{Pa s}$	k mW/K m	Pr	ρ kg/m ³	ν mm ² /s
175	1,0023	0,7152	1,401	11,82	15,93	0,744	2,017	5,86
200	1,0025	0,7154	1,401	13,29	18,09	0,736	1,765	7,53
225	1,0027	0,7156	1,401	14,67	20,20	0,728	1,569	9,35
250	1,0031	0,7160	1,401	15,99	22,27	0,720	1,412	11,32
275	1,0038	0,7167	1,401	17,25	24,28	0,713	1,284	13,43
300	1,0049	0,7178	1,400	18,46	26,24	0,707	1,177	15,68
325	1,0063	0,7192	1,400	19,62	28,16	0,701	1,086	18,07
350	1,0082	0,7211	1,398	20,75	30,03	0,697	1,009	20,56
375	1,0106	0,7235	1,397	21,81	31,86	0,692	0,9413	23,17
400	1,0135	0,7264	1,395	22,86	33,65	0,688	0,8824	25,91
450	1,0206	0,7335	1,391	24,85	37,10	0,684	0,7844	31,68
500	1,0295	0,7424	1,387	26,70	40,41	0,680	0,7060	37,82
550	1,0398	0,7527	1,381	28,49	43,57	0,680	0,6418	44,39
600	1,0511	0,7640	1,376	30,17	46,61	0,680	0,5883	51,28
650	1,0629	0,7758	1,370	31,78	49,54	0,682	0,5430	58,53
700	1,0750	0,7879	1,364	33,32	52,36	0,684	0,5043	66,07
750	1,0870	0,7999	1,359	34,82	55,09	0,687	0,4706	73,99
800	1,0987	0,8116	1,354	36,24	57,74	0,690	0,4412	82,14
850	1,1101	0,8230	1,349	37,63	60,30	0,693	0,4153	90,61
900	1,1209	0,8338	1,344	38,97	62,76	0,696	0,3922	99,36
950	1,1313	0,8442	1,340	40,26	65,20	0,699	0,3716	108,3
1000	1,1411	0,8540	1,336	41,53	67,54	0,702	0,3530	117,6
1100	1,1589	0,8718	1,329	43,96	72,09	0,707	0,3209	137,0
1200	1,1746	0,8875	1,323	46,26	76,40	0,711	0,2941	157,5
1300	1,1884	0,9013	1,319	48,46	80,54	0,715	0,2715	178,5
1400	1,2005	0,9134	1,314	50,57	84,50	0,719	0,2521	200,6
1500	1,2112	0,9241	1,311	52,64	88,31	0,722	0,2353	223,6
1600	1,2207	0,9336	1,308	54,57	91,99	0,724	0,2206	247,4
1700	1,2293	0,9422	1,305	56,46	95,54	0,726	0,2076	272,0
1800	1,2370	0,9499	1,302	58,29	98,99	0,728	0,1961	297,2
1900	1,2440	0,9569	1,300	60,08	102,33	0,730	0,1858	323,4
2000	1,2505	0,9634	1,298				0,1765	
2200	1,2619	0,9748	1,295				0,1604	
2400	1,2717	0,9846	1,292				0,1471	
2600	1,2803	0,9932	1,289				0,1358	
2800	1,2881	1,0010	1,287				0,1261	
3000	1,2949	1,0078	1,285				0,1177	

Tabella 12.
Proprietà di trasporto di alcuni liquidi in condizioni ordinarie

	ρ kg/m ³	T_{fus} K	T_{eb} K	r_{vap} kJ/kg	c_p J/kg K	k W/K m	μ mPa s
Acetone	780	170	330	520	2210	0,161	0,324
Acqua	998	273	373	2260	4190	0,591	1,000
Acqua di mare	1025	271	377		3900		
Alcool etilico	789	156	352	850	2500	0,177	1,197
Alcool metilico	791	179	337	1120	2500	0,201	0,594
Benzolo	879	279	353	400	1700	0,140	0,647
Glicerina	1262	293	563	830	2400	0,270	1495
Mercurio	13546	234	630	290	140	7,96	1,552
Olio di oliva	920		570		1970	0,170	84
Tetracloruro di carbonio	1632	250	350	190	840	0,103	0,972
Trementina	870	263	429	290	1760	0,136	1,49

Nel caso di liquidi costituiti da miscele di diverse sostanze pure i valori esposti sono solo indicativi e possono cambiare a seconda della composizione. I dati di T_{fus} , T_{eb} , r_{vap} si riferiscono al passaggio di fase alla pressione ordinaria.

Tabella 13.
Proprietà di trasporto di alcuni aeriformi in condizioni normali ($t = 0^\circ\text{C}$; $p = 1,01325 \text{ bar}$)

	ρ kg/m ³	T_{eb} K	r kJ/kg	c_p J/kg K	c_p/c_v	k mW/K m	μ μPa s	T_K K	p_K MPa
Acetilene	1,17	189		1590	1,26	18,4	9,35	309	6,14
Ammoniaca	0,77	240	1370	2190	1,31	21,8	9,18	405	11,3
Argo	1,78	87	158	524	1,67	16,2	21	151	4,86
Aria	1,29	83	214	993	1,40	24,1	18,4	132	3,77
Azoto	1,25	77	209	1040	1,40	24,3	16,7	126	3,39
Biossido di carbonio	1,98	195	364	834	1,30	14,5	14	304	7,38
Elio	0,179	4,25	25	5240	1,66	141,5	18,6	5,3	0,23
Etilene	1,26	170	484	1500	1,26	16,4	9,7	283	5,12
Idrogeno	0,090	20,35	453	14300	1,41	168,4	8,35	33,3	12,94
Metano	0,717	109	511	2200	1,31	30,2	10,3	191	4,62
Monossido di carbonio	1,250	81	211	1050	1,40	23,2	16,6	134	3,50
Ossigeno	1,43	90	243	913	1,40	24,4	19,2	154	5,0

I dati di T_{eb} ed r si riferiscono al passaggio di fase alla pressione normale; i dati di T_K e p_K riguardano lo stato critico.

Tabella 14.**Proprietà di alcuni combustibili gassosi in condizioni normali ($p = 1,01325$ bar; $t = 0^\circ\text{C}$)**

	ρ/ρ_A	<i>PCS</i> MJ/m ³	<i>PCI</i> MJ/m ³	V_A/V
Idrogeno	0,0696	12,1	10,2	2,38
Metano	0,554	37,7	33,9	9,52
Propano commerciale	1,52	93,9	86,4	23,7
Butano commerciale	1,94	118	109	29,9

Simboli:

 ρ_A densità dell'aria (1,29 kg/m³)*PCS* potere calorifico superiore*PCI* potere calorifico inferiore V_A/V volume d'aria necessario per la completa combustione di un volume unitario del gas combustibile

Nel caso di combustibili costituiti da miscele di diverse sostanze pure i valori esposti sono solo indicativi e possono subire variazioni secondo la composizione della miscela.

Tabella 15.**Proprietà di alcuni combustibili liquidi in condizioni ordinarie.**

	ρ kg/m ³	<i>PCS</i> MJ/kg	<i>PCI</i> MJ/kg
Propano commerciale	505	50,0	46,3
Butano commerciale	575	49,3	45,8
Benzina	733	46,9	43,7
Kerosene	780	46,5	43,4
Olio combustibile	840	45,4	42,4

Simboli:

PCS potere calorifico superiore*PCI* potere calorifico inferiore

Per questi liquidi, che sono costituiti da miscele di diverse sostanze, i valori esposti sono solo indicativi.

Tabella 16.

Ammoniaca (NH₃; fluido refrigerante R717). Proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato.

I dati esposti su una stessa riga si riferiscono a quattro stati di una stessa isobara (liquido saturo, vapore saturo secco e vapore surriscaldato di 50°C e 100°C rispetto alla temperatura di saturazione).

Unità: p (bar), t (°C), v (m³/kg), i (kJ/kg), s (kJ/kg K).

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
p	t_s	v_ℓ	i_ℓ	i_v	s_ℓ	s_v	$t-t_s = 50$ K		$t-t_s = 100$ K	
							i	s	i	s
0,4089	-50	2,625	-44,4	1373,3	-0,194	6,159	1479,8	6,592	1585,9	6,948
0,5454	-45	2,005	-22,3	1381,6	-0,096	6,057	1489,3	6,486	1596,1	6,839
0,7177	-40	1,552	0,0	1390,0	0,000	5,962	1498,6	6,387	1606,3	6,736
0,9322	-35	1,216	22,3	1397,9	0,095	5,872	1507,9	6,293	1616,3	6,639
1,196	-30	0,9633	44,7	1405,6	0,188	5,785	1517,0	6,203	1626,3	6,547
1,317	-28	0,8809	53,6	1408,5	0,224	5,751	1520,7	6,169	1630,3	6,512
1,447	-26	0,8058	62,6	1411,4	0,261	5,718	1524,3	6,135	1634,2	6,477
1,538	-24	0,7389	71,7	1414,3	0,297	5,686	1527,9	6,103	1638,2	6,444
1,740	-22	0,6783	80,8	1417,3	0,333	5,655	1531,4	6,071	1642,2	6,411
1,902	-20	0,6237	89,8	1420,0	0,368	5,623	1534,8	6,039	1646,0	6,379
2,077	-18	0,5743	98,8	1422,7	0,404	5,593	1538,2	6,008	1650,0	6,347
2,265	-16	0,5296	107,9	1425,3	0,440	5,563	1541,7	5,978	1653,8	6,316
2,465	-14	0,4890	117,0	1427,9	0,475	5,533	1545,1	5,948	1657,7	6,286
2,680	-12	0,4521	126,2	1430,5	0,510	5,504	1548,5	5,919	1661,5	6,256
2,908	-13	0,4185	135,4	1433,0	0,544	5,475	1551,7	5,891	1665,3	6,227
3,153	-8	0,3879	144,5	1435,3	0,579	5,447	1554,9	5,863	1669,0	6,199
3,413	-6	0,3599	153,6	1437,6	0,613	5,419	1558,2	5,836	1672,8	6,171
3,691	-4	0,3344	162,8	1439,9	0,647	5,392	1561,4	5,808	1676,4	6,143
3,983	-2	0,3110	172,0	1442,2	0,681	5,365	1564,6	5,782	1680,1	6,116
4,295	0	0,2895	181,2	1444,4	0,715	5,340	1567,8	5,756	1683,9	6,090
4,625	2	0,2699	190,4	1446,5	0,749	5,314	1570,9	5,731	1687,5	6,065
4,975	4	0,2517	199,7	1448,5	0,782	5,288	1574,0	5,706	1691,2	6,040
5,346	6	0,2351	209,1	1450,6	0,816	5,263	1577,0	5,682	1694,9	6,015
5,736	8	0,2198	218,5	1452,5	0,849	5,238	1580,1	5,658	1698,4	5,991
6,149	10	0,2056	227,8	1454,3	0,881	5,213	1583,1	5,634	1702,2	5,967
6,585	12	0,1916	237,2	1456,1	0,914	5,189	1586,0	5,611	1705,7	5,943
7,045	14	0,1805	246,6	1457,8	0,947	5,165	1588,9	5,588	1709,1	5,920
7,529	16	0,1693	256,0	1459,5	0,979	5,141	1591,7	5,565	1712,5	5,898
8,035	18	0,1590	265,5	1461,1	1,012	5,118	1594,4	5,543	1715,9	5,876
8,570	20	0,1494	275,1	1462,6	1,044	5,095	1597,2	5,521	1719,3	5,854
9,134	22	0,1405	284,6	1463,9	1,076	5,072	1600,0	5,499	1722,8	5,832
9,722	24	0,1322	294,1	1465,2	1,108	5,049	1602,7	5,478	1726,3	5,811
10,34	26	0,1245	303,7	1466,5	1,140	5,027	1605,3	5,458	1729,6	5,790
10,99	28	0,1173	313,4	1467,8	1,172	5,005	1608,0	5,437	1732,7	5,770
11,67	30	0,1106	323,1	1468,9	1,204	4,984	1610,5	5,417	1735,9	5,750

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
p	t_s	v_ℓ	i_ℓ	i_v	s_ℓ	s_v	$t-t_s = 50 \text{ K}$		$t-t_s = 100 \text{ K}$	
							i	s	i	s
12,37	32	0,1044	332,8	1469,9	1,235	4,962	1613,0	5,397	1739,3	5,731
13,11	34	0,0986	342,5	1470,8	1,267	4,940	1615,4	5,378	1742,6	5,711
13,89	36	0,0931	352,3	1471,8	1,298	4,919	1617,8	5,358	1745,7	5,692
14,70	38	0,0880	362,1	1472,6	1,329	4,898	1620,1	5,340	1748,7	5,674
15,54	40	0,0833	371,9	1473,3	1,360	4,877	1622,4	5,321	1751,9	5,655
16,42	42	0,0788	381,8	1473,8	1,391	4,856	1624,6	5,302	1755,0	5,637
17,34	44	0,0746	391,8	1474,2	1,422	4,835	1626,8	5,284	1758,0	5,619
18,30	46	0,0706	401,8	1474,5	1,453	4,814	1629,0	5,266	1761,0	5,602
19,29	48	0,0670	411,9	1474,7	1,484	4,793	1631,1	5,248	1764,0	5,584
20,33	50	0,0635	421,9	1474,7	1,515	4,773	1633,1	5,230	1766,8	5,567
26,15	60	0,0489	474,6	1474,0	1,672	4,672				
33,13	70	0,0379	528,4	1468,9	1,827	4,567				
41,46	80	0,0295	584,5	1459,0	1,983	4,459				
51,25	90	0,0230	643,6	1443,6	2,144	4,346				
62,66	100	0,0178	705,2	1420,9	2,306	4,224				
75,86	110	0,0138	773,2	1392,3	2,475	4,091				
90,96	120	0,0102	851,9	1340,6	2,669	3,911				
108,4	130	0,0064	966,9	1208,3	2,944	3,544				
113,0	132,4	0,0043	1077,2	1077,2	3,211	3,211				

Unità: p (bar), t ($^{\circ}\text{C}$), v (m^3/kg), i (kJ/kg), s (kJ/kg K).

Proprietà termofisiche del liquido:

T (K)	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/kg K)	μ ($\mu\text{Pa s}$)	k (mW/K m)
250	669	4,52	205	547
300	600	4,86	119	511

Massa molecolare dell'ammoniaca (NH_3): 17,031

Temperatura del punto triplo: 195,4 K ($-77,8^{\circ}\text{C}$).

Tabella 17.

Tetrafluoroetano CH₂F-CF₃ (fluido refrigerante R134a). Proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato.

I dati esposti su una stessa riga si riferiscono a quattro stati di una stessa isobara (liquido saturo, vapore saturo secco e vapore surriscaldato di 50°C e 100°C rispetto alla temperatura di saturazione).

Unità: p (bar), t (°C), v (m³/kg), i (kJ/kg), s (kJ/kg K).

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
							$t-t_s = 50$ K		$t-t_s = 100$ K	
p	t_s	v_ℓ	i_ℓ	i_v	s_ℓ	s_v	i	s	i	s
0,5182	-40	356,8	149,0	373,5	0,7995	1,762	412,7	1,915	455,6	2,054
0,5744	-38	324,0	151,4	374,8	0,8096	1,760	414,3	1,912	457,4	2,051
0,6355	-36	294,7	153,8	376,1	0,8198	1,757	415,8	1,909	459,1	2,048
0,7016	-34	268,6	156,2	377,3	0,8300	1,755	417,3	1,906	460,8	2,045
0,7732	-32	245,2	158,6	378,6	0,8402	1,752	418,9	1,904	462,6	2,042
0,8506	-30	224,2	161,1	379,9	0,8503	1,750	420,4	1,901	464,3	2,040
0,9339	-28	205,4	163,6	381,1	0,8605	1,748	421,9	1,899	466,1	2,037
1,024	-26	188,4	166,1	382,4	0,8707	1,746	423,5	1,897	467,8	2,035
1,120	-24	173,1	168,6	383,6	0,8809	1,744	425,0	1,895	469,6	2,033
1,224	-22	159,3	171,2	384,9	0,8910	1,742	426,5	1,893	471,3	2,030
1,335	-20	146,7	173,7	386,2	0,9011	1,740	428,1	1,891	473,1	2,028
1,453	-18	135,4	176,3	387,4	0,9112	1,739	429,6	1,889	474,8	2,027
1,580	-16	125,1	178,9	388,6	0,9212	1,737	431,1	1,888	476,6	2,025
1,716	-14	115,7	181,5	389,9	0,9312	1,735	432,7	1,886	478,3	2,023
1,860	-12	107,2	184,1	391,1	0,9412	1,734	434,2	1,885	481,1	2,021
2,014	-10	99,39	186,7	392,4	0,9512	1,733	435,7	1,884	481,8	2,020
2,177	-8	92,28	189,4	393,6	0,9611	1,731	437,3	1,882	483,6	2,019
2,351	-6	85,77	192,0	394,8	0,9710	1,730	438,8	1,881	485,3	2,017
2,535	-4	79,80	194,7	396,0	0,9808	1,729	440,3	1,880	487,1	2,016
2,730	-2	74,33	197,3	397,2	0,9906	1,728	441,9	1,879	488,9	2,015
2,936	0	69,31	200,0	398,4	1,0000	1,727	443,4	1,878	490,6	2,014
3,154	2	64,68	202,7	399,6	1,010	1,726	444,9	1,877	492,4	2,013
3,384	4	60,42	205,4	400,8	1,020	1,725	446,4	1,876	494,1	2,012
3,627	6	56,50	208,1	402,0	1,030	1,724	447,9	1,876	495,9	2,011
3,884	8	52,87	210,8	403,1	1,039	1,723	449,5	1,875	497,6	2,010
4,153	10	49,52	213,6	404,3	1,049	1,723	451,0	1,874	499,4	2,009
4,437	12	46,41	216,3	405,5	1,059	1,722	452,5	1,874	501,1	2,009
4,736	14	43,54	219,1	406,6	1,068	1,721	454,0	1,873	502,8	2,008
5,049	16	40,87	221,9	407,7	1,078	1,720	455,4	1,873	504,6	2,008
5,378	18	38,39	224,7	408,8	1,087	1,720	456,9	1,872	506,3	2,007
5,723	20	36,09	227,5	409,9	1,097	1,719	458,4	1,872	508,1	2,007
6,084	22	33,95	230,3	411,0	1,106	1,718	459,9	1,872	509,8	2,006
6,462	24	31,95	233,2	412,1	1,116	1,718	461,4	1,871	511,5	2,006
6,858	26	30,09	236,0	413,1	1,125	1,717	462,8	1,871	513,2	2,006
7,272	28	28,35	238,9	414,1	1,135	1,717	464,3	1,871	515,0	2,006

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
<i>p</i>	<i>t_s</i>	<i>v_ℓ</i>	<i>i_ℓ</i>	<i>i_v</i>	<i>s_ℓ</i>	<i>s_v</i>	<i>t-t_s = 50 K</i>		<i>t-t_s = 100 K</i>	
							<i>i</i>	<i>s</i>	<i>i</i>	<i>s</i>
7,704	30	26,73	241,8	415,1	1,144	1,716	465,7	1,871	516,7	2,005
8,156	32	25,21	244,7	416,1	1,154	1,715	467,2	1,870	518,4	2,005
8,627	34	23,79	247,6	417,1	1,163	1,715	468,6	1,870	520,1	2,005
9,118	36	22,46	250,6	418,1	1,172	1,714	470,1	1,870	521,8	2,005
9,630	38	21,21	253,6	419,0	1,182	1,714	471,5	1,870	523,5	2,005
10,16	40	20,04	256,5	419,9	1,191	1,713	472,9	1,870	525,2	2,005
10,72	42	18,94	259,6	420,8	1,201	1,712	474,3	1,870	526,9	2,005
11,30	44	17,90	262,6	421,6	1,210	1,712	475,7	1,870	528,6	2,005
11,90	46	16,93	265,6	422,4	1,220	1,711	477,1	1,870	530,3	2,005
12,52	48	16,01	268,7	423,2	1,229	1,710	478,5	1,870	532,0	2,006
13,17	50	15,14	271,8	424,0	1,239	1,709	479,8	1,870	533,7	2,006
14,54	54	13,55	278,1	425,4	1,258	1,708	482,5	1,871	537,0	2,006
16,02	58	12,13	284,5	426,7	1,277	1,706	485,2	1,871	540,4	2,007
17,61	62	10,86	291,1	427,7	1,296	1,704	487,9	1,871	543,7	2,007
19,31	66	9,712	297,8	428,6	1,315	1,701	490,4	1,871	547,0	2,008
21,14	70	8,675	304,6	429,2	1,335	1,698	493,0	1,872	550,2	2,009
23,10	74	7,732	311,7	429,6	1,355	1,694	495,5	1,872	553,5	2,010
25,20	78	6,868	319,0	429,5	1,375	1,690	497,9	1,873	556,7	2,011
27,44	82	6,072	326,7	429,0	1,396	1,684	500,3	1,873	559,9	2,012
29,84	86	5,328	334,7	427,9	1,418	1,677	502,7	1,873	563,0	2,013
32,41	90	4,620	343,4	425,9	1,441	1,668	504,9	1,874	566,2	2,014
35,16	94	3,919	353,1	422,3	1,467	1,655	507,1	1,874	569,3	2,014
36,62	96	3,555	358,7	419,5	1,481	1,646	508,2	1,874	570,8	2,015
38,12	98	3,157	365,3	415,3	1,498	1,633	509,3	1,874	572,3	2,015
39,70	100	2,657	374,6	407,7	1,523	1,612	510,3	1,874	573,8	2,016

Unità: *p* (bar), *t* (°C), *v* (m³/kg), *i* (kJ/kg), *s* (kJ/kg K).

Proprietà termofisiche del liquido:

<i>T</i> (K)	<i>ρ</i> (kg/m ³)	<i>c_p</i> (kJ/kg K)	<i>μ</i> (μPa s)	<i>k</i> (mW/K m)
250	1364,8	1,27	363	103
300	1198,3	1,43	195	81,4

Massa molecolare del tetrafluoroetano (CH₂F-CF₃): 102,03

Temperatura del punto triplo: 172,1 K (-101,1°C).

Tabella 18.

Freon-12 (diclorodifluorometano CF₂Cl₂; fluido refrigerante R12). Proprietà del liquido, del vapore saturo e del vapore surriscaldato.

I dati esposti su una stessa riga si riferiscono a quattro stati di una stessa isobara (liquido saturo, vapore saturo secco e vapore surriscaldato di 50°C e 100°C rispetto alla temperatura di saturazione).

Unità: p (bar), t (°C), v (m³/kg), i (kJ/kg), s (kJ/kg K).

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
p	t_s	v_ℓ	i_ℓ	i_v	s_ℓ	s_v	$t-t_s = 50$ K		$t-t_s = 100$ K	
							i	s	i	s
0,0118	-100	10,100	-51,84	142,00	-0,2567	0,8628	148,89	0,9019	156,10	0,9428
0,0181	-95	6,585	-47,56	144,22	-0,2323	0,8442	151,23	0,8830	158,55	0,9195
0,0284	-90	4,416	-43,28	146,46	-0,2086	0,8274	153,59	0,8649	161,02	0,9010
0,0424	-85	3,037	-39,00	148,73	-0,1856	0,8122	155,98	0,8493	163,52	0,8851
0,0617	-80	2,138	-34,72	151,02	-0,1631	0,7985	158,39	0,8351	166,04	0,8706
0,0879	-75	1,538	-30,43	153,32	-0,1412	0,7861	160,82	0,8226	168,57	0,8578
0,1227	-70	1,127	-26,13	155,63	-0,1198	0,7749	163,26	0,8110	171,12	0,8459
0,1680	-65	0,8412	-21,81	157,96	-0,0988	0,7649	165,70	0,8008	173,68	0,8355
0,2262	-60	0,6379	-17,49	160,29	-0,0783	0,7558	168,15	0,7915	176,26	0,8259
0,2998	-55	0,4910	-13,14	162,62	-0,0582	0,7475	170,60	0,7830	178,84	0,8172
0,3915	-50	0,3831	-8,78	164,95	-0,0384	0,7401	173,07	0,7753	181,43	0,8093
0,5044	-45	0,3027	-4,40	167,28	-0,0190	0,7335	175,54	0,7685	184,01	0,8023
0,6417	-40	0,2419	0,00	169,60	0,0000	0,7274	178,00	0,7623	186,60	0,7959
0,8071	-35	0,1954	4,42	171,90	0,0187	0,7219	180,45	0,7568	189,18	0,7902
1,004	-30	0,1594	8,86	174,20	0,0371	0,7170	182,90	0,7517	191,76	0,7851
1,237	-25	0,1312	13,33	176,48	0,0552	0,7127	185,33	0,7473	194,33	0,7805
1,509	-20	0,1088	17,82	178,73	0,0731	0,7087	187,75	0,7432	196,89	0,7764
1,826	-15	0,0910	22,33	180,97	0,0906	0,7051	190,15	0,7397	199,44	0,7728
2,191	-10	0,0706	26,87	183,19	0,1080	0,7020	192,53	0,7365	201,97	0,7695
2,610	-5	0,0650	31,45	185,38	0,1251	0,6991	194,90	0,7336	204,49	0,7666
3,086	0	0,0554	36,05	187,53	0,1420	0,6966	197,25	0,7311	206,99	0,7641
3,626	5	0,0475	40,69	189,66	0,1587	0,6943	199,56	0,7289	209,47	0,7618
4,233	10	0,0409	45,37	191,74	0,1752	0,6921	201,85	0,7268	211,92	0,7598
4,914	15	0,0354	50,10	193,78	0,1915	0,6901	204,10	0,7251	214,35	0,7580
5,673	20	0,0308	54,87	195,78	0,2078	0,6885	206,32	0,7235	216,75	0,7565
6,516	25	0,0269	59,70	197,73	0,2239	0,6869	208,50	0,7220	219,11	0,7552
7,449	30	0,0235	64,59	199,62	0,2399	0,6853	210,63	0,7208	221,44	0,7540
8,477	35	0,0206	69,55	201,45	0,2559	0,6839	212,72	0,7196	223,73	0,7529
9,607	40	0,0182	74,59	203,20	0,2718	0,6825	214,76	0,7185	225,98	0,7519
10,84	45	0,0160	79,71	204,87	0,2877	0,6811	216,74	0,7175	228,18	0,7511
12,19	50	0,0142	84,94	206,45	0,3037	0,6797	218,64	0,7166	230,33	0,7503
13,66	55	0,0125	90,27	207,92	0,3197	0,6782	220,48	0,7156	232,42	0,7496
15,26	60	0,0111	95,74	209,26	0,3358	0,6765	222,23	0,7146	234,45	0,7490
16,99	65	0,00985	101,36	210,46	0,3521	0,6747	223,89	0,7136	236,42	0,7484
18,86	70	0,00873	107,15	211,48	0,3686	0,6726	225,45	0,7125	238,32	0,7477

equilibrio tra liquido e vapore							vapore surriscaldato			
p	t_s	v_ℓ	i_ℓ	i_v	s_ℓ	s_v	$t-t_s = 50 \text{ K}$		$t-t_s = 100 \text{ K}$	
							i	s	i	s
20,88	70	0,00772	113,15	212,29	0,3854	0,6702	226,89	0,7113	240,13	0,7470
23,05	80	0,00682	119,39	212,83	0,4027	0,6673	228,21	0,7099	241,86	0,7463
25,38	85	0,00601	125,93	213,04	0,4204	0,6636	229,39	0,7084	243,50	0,7455
27,89	90	0,00526	132,84	212,80	0,4389	0,6591	230,43	0,7067	245,03	0,7445
30,57	95	0,00456	140,23	211,94	0,4583	0,6531	231,30	0,7047	246,47	0,7435
33,44	100	0,00390	148,32	210,12	0,4793	0,6449	231,93	0,7023	247,80	0,7424
36,51	105	0,00324	157,52	206,57	0,5028	0,6325	232,22	0,6994	248,97	0,7412
39,79	110	0,00246	169,55	197,99	0,5334	0,6076	232,47	0,6964	250,10	0,7399
41,15	112	0,00179	183,43	183,43	0,5690	0,5690	232,80	0,6958	250,58	0,7394

Unità: p (bar), t (°C), v (m³/kg), i (kJ/kg), s (kJ/kg K).

Proprietà termofisiche del liquido:

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg K)	μ (μPa s)	k (mW/K m)
250	1468	0,896	352	89
300	1304	0,976	254	71

Massa molecolare del Freon-12 (CF₂Cl₂): 120,92

Temperatura del punto triplo: 115,3 K (-157,9°C).

La produzione e l'uso del refrigerante R12 sono vietati nell'Unione Europea e in molti altri stati.

Tabella 19.
Proprietà termofisiche di alcuni materiali solidi in condizioni ordinarie

<i>Materiale</i>	ρ kg/m ³	k W/K m	c_p J/kg K	$T_{fus.}$ K	$r_{fus.}$ kJ/kg
Acciaio al carbonio	≈7800	≈45	≈470	≈1700	
Acciai inossidabili	≈8000	≈15	≈440	≈1800	
Alluminio	2710	201	913	932	380
Amianto, fibre	57	0,064			
Ardesia	2700	2			
Arenaria	2250	1,6			
Argento	10500	419	235	2130	100
Argilla secca	1780	0,9			
Asfalto	2100	0,7			
Bachelite	1300	0,29			
Bitume	1050	0,17			
Bronzo (90 Cu, 10 Sn)	8800	180	360	1300	
Calccare	1900	1,5			
Calccare	2100	1,6			
Calccare	2700	2,9			
Calccare	2800	3,5			
Calcestruzzo ordinario	2200	1,3			
Calcestruzzo magro	1800	0,93			
Calcestruzzo armato	2400	1,5			
Carbone coke	600	0,19			
Carbone di legna	240	0,088			
Carbone in polvere	700	0,12			
Carbonio (grafite)	2200	5	710		
Carbonio (diamante)	3500	900	525		
Carta, cartone	1000	0,16			
Costantana (50 Cu, 50 Ni)	8880	23	420	1360	
Crine (feltri)	270	0,047			
Duralluminio	2800	180	880	800	390
Farina fossile (mattoni)	400	0,105			
Farina fossile (mattoni)	800	0,21			
Ferro	7870	80	106	1810	270
Gesso (malta asciutta)	1240	0,43			
Gesso cellulare	200	0,064			
Gesso con fibre di legno	820	0,3			
Ghiaccio	920	2	2100	273	
Ghisa grigia	7150	75	500	1500	100
Gomma	910	0,15	1600	300	
Gomma dura	1200	0,28			
Gomma (schiuma)	72	0,03			
Gres	1900	1,1			

<i>Materiali</i>	ρ kg/m ³	k W/K m	c_p J/kg K	$T_{fus.}$ K	$r_{fus.}$ kJ/kg
Gres	2500	1,9			
Intonaco di calce e sabbia (est.)	1800	0,87			
Intonaco di cemento e sabbia	2200	1,4			
Intonaco di gesso e sabbia	1670	0,81			
Lega Invar (64 Fe, 36 Ni)	8000	16	503	1800	
Lana minerale sfusa	100	0,04	670	1400	
Laterizi comuni (esterno)	2000	0,93			
Laterizi comuni (esterno)	1800	0,87			
Laterizi comuni (interno)	2000	0,81			
Laterizi comuni (interno)	1800	0,7			
Laterizi da paramento	2100	1,3			
Lega da saldatura (50 Pb, 50 Sn)	9000		176	490	1900
Legno abete (perpend. alle fibre)	450	0,12			
Legno quercia (perpend. alle fibre)	850	0,21			
Legno abete (parall. alle fibre)	450	0,35			
Legno quercia (parall. alle fibre)	850	0,41			
Legno compensato	545	0,12			
Linoleum	1200	0,19			
Marmo	2600	2,9	880		
Neve in strati fino a 3 cm	100	0,06			
Neve in strati da 3 a 7 cm	200	0,12			
Neve in strati da 7 a 20 cm	300	0,23			
Neve in strati da 20 a 40 cm	500	0,7			
Oro	19300	296	132	1340	70
Ottone (70 Cu, 30 Zn)	8500	110	370	1300	
Perspex	1190	0,2	1500	350	
Piombo	11340	35	126	600	26
Platino	21450	69	136	2042	110
Polistirolo espanso	25	0,035	1300		
Polistirolo espanso	35	0,026	1300		
Polivinilcloruro rigido	1420	0,19	1000	485	
Pomice	390	0,23			
Pomice congl. con cemento (int.)	800	0,29			
Pomice congl. con cemento (int.)	1200	0,47			
Pomice congl. con cemento (est.)	800	0,41			
Pomice congl. con cemento (est.)	1200	0,64			
Rame	8930	380	385	1356	210
Sabbia asciutta	1500	0,58			
Stagno	7300	65	226	505	60
Sughero (lastre)	250	0,05			
Teflon	2200	0,25	1050		
Terracotta (piastrelle)	1800	0,93			
Terreno asciutto	2580	0,82			
Terreno umido		2,3			
Titanio	4540	23	523	1950	

<i>Materiale</i>	ρ kg/m ³	k W/Km	c_p J/kg K	$T_{\text{fus.}}$ K	$r_{\text{fus.}}$ kJ/kg
Tufo	1550	0,63			
Tufo	2270	1,67			
Vetro (lastre)	2500	0,93			
Zinco	7140	111	385	693	100

IL SISTEMA *SI* DI UNITÀ DI MISURA

Il sistema *SI* di unità di misura, stabilito nel 1960 dalla Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure, è stato adottato da tutti gli enti unificatori e normatori nazionali e internazionali e si può dire che è in uso in tutto il mondo. Esso è di uso ufficiale in Italia dal 1982.

L'insieme delle definizioni delle unità di misura, delle relative denominazioni, simboli, multipli e sottomultipli che possono essere legalmente usati è regolato dal DPR del 12 agosto 1982, n° 802. Si danno qui, delle definizioni del sistema *SI*, quelle che più interessano la Fisica tecnica. Si aggiungono poi le principali tra le regole formali stabilite per la rappresentazione grafica. Per mezzo di tali regole sono ora normalizzate nell'ambito internazionale -in pratica in tutti i paesi del mondo- le modalità di presentazione dei dati riguardanti le grandezze fisiche.

Il sistema comprende unità di base, supplementari, derivate con i relativi multipli e sottomultipli.

Le **unità fondamentali** (o *di base*) del sistema di unità *SI* sono le unità di lunghezza, massa, tempo,

Principali unità del Sistema *SI*

<i>Grandezza</i>	<i>Nome</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Espressione</i>
UNITÀ DI BASE			
Lunghezza	metro	m	
Massa	kilogrammo	kg	
Tempo	secondo	s	
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	
Temperatura termodinamica	kelvin	K	
Quantità di sostanza	mole	mol	
Intensità luminosa	candela	cd	
UNITÀ SUPPLEMENTARI			
Angolo piano	radiante	rad	
Angolo solido	steradiano	sr	
UNITÀ DERIVATE			
Frequenza	hertz	Hz	s^{-1}
Forza	newton	N	$m\,kg\,s^{-2}$
Pressione	pascal	Pa	$m^{-1}kg\,s^{-2}$
Energia, lavoro etc.	joule	J	$m^2kg\,s^{-2}$
Potenza, flusso termico	watt	W	$m^2kg\,s^{-3}$
Tensione elettrica	volt	V	$m^2kg\,s^{-3}A^{-1}$
Resistenza elettrica	ohm	Ω	$m^2kg\,s^{-3}A^{-2}$
Flusso luminoso	lumen	lm	cd sr
Illuminamento	lux	lx	$m^{-2}cd\,sr$

corrente elettrica, temperatura, quantità di materia, intensità luminosa.

L'unità di massa, che è il kilogrammo, è ancora definita come la massa del campione di massa conservato a questo scopo presso il *Bureau International des Poids et Mesures*.

Il secondo è definito in rapporto al periodo della transizione tra due determinati livelli dell'atomo del cesio ^{133}Cs .

Il metro, unità di lunghezza, definito in passato come $1/40\,000\,000$ della lunghezza del meridiano terrestre, è oggi definito come la distanza percorsa nel vuoto dalla radiazione elettromagnetica nell'intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ s.

L'ampere è definito come l'intensità di corrente che, mantenuta in due conduttori rettilinei paralleli indefiniti, posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro, produrrebbe tra questi la forza di 2×10^{-7} N per ogni metro di lunghezza.

Il kelvin è definito come $1/273,16$ della temperatura del punto triplo dell'acqua.

La mole è la quantità di sostanza che contiene tante unità elementari (molecole, ioni, atomi, etc.) quanti sono gli atomi in $0,012$ kg di ^{12}C .

La candela è l'intensità luminosa, verso una determinata direzione dello spazio, di una sorgente che emette nella stessa direzione una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} Hz (cinquecentoquaranta terahertz), la cui intensità energetica è di $1/683$ W/sr (watt allo steradiante).

Delle **unità supplementari**, il radiante è l'angolo piano compreso tra due raggi che sulla circonferenza di un cerchio intercettano un arco di lunghezza pari a quella del raggio; lo steradiante è l'angolo solido che, avendo il vertice al centro di una sfera, delimita sulla superficie di questa un'area pari a quella di un quadrato di lato uguale al raggio della sfera.

Nella tabella le **unità derivate** sono espresse per mezzo delle unità di base e supplementari. Le unità incluse nella tabella hanno tutte un proprio nome. Altre unità derivate sono formate combinando secondo la necessità le unità di base, supplementari e derivate. Esempi: il watt al metro e al kelvin (unità di conduttività termica); il volt al metro (unità di campo elettrico); il metro cubo (unità di volume), etc.

Oltre alle unità derivate si possono usare i seguenti nomi e simboli speciali di multipli e sottomultipli di unità del sistema SI (a cui pure si possono applicare i prefissi e i simboli dei multipli e sottomultipli):

il *litro* (simboli: l oppure L), unità di volume: $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$;

la *tonnellata* (simbolo: t), unità di massa: $1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg}$;

il *bar* (simbolo: bar), unità di pressione: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Vi sono inoltre dei multipli e sottomultipli non decimali delle unità SI:

l'*angolo giro* uguale a 2π rad;

il *grado sessagesimale* ($1^\circ = \pi/180$ rad);

Multipli e sottomultipli: prefissi e simboli

Fattore	Prefisso	Simbolo
10^{18}	exa-	E-
10^{15}	peta-	P-
10^{12}	tera-	T-
10^9	giga-	G-
10^6	mega-	M-
10^3	kilo-	k-
10^2	etto-	h-
10	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-

La norma ISO 31 del 1992 aggiunge due multipli e due sottomultipli:

10^{24}	yotta-	Y-
10^{21}	zetta-	Z-
10^{-21}	zepto-	z-
10^{-24}	yocto-	y-

- il *minuto d'angolo* uguale a 1/60 di grado ($1' = \pi/10\,800$ rad);
- il *secondo d'angolo* uguale a 1/60 di minuto ($1'' = \pi/648\,000$ rad);
- tra le unità di tempo il *minuto* (min) uguale a 60 s;
- l'*ora* (h) uguale a 3600 s;
- il *giorno* (d) uguale a 86 400 s.

Alla temperatura termodinamica espressa in kelvin si aggiunge la temperatura Celsius. La temperatura Celsius t è definita dalla differenza $t = T - T_0$, con $T_0 = 273,15$ K. Un intervallo o una differenza di temperatura sono espressi con uno stesso valore in kelvin e in gradi Celsius.

Multipli e sottomultipli di una unità espressa in forma frazionaria si ottengono antepo-
nendo il prefisso alle unità che figurano al numeratore, al denominatore o in entrambi.

Non sono ammessi i prefissi e i simboli composti, ossia ottenuti per giustapposizione di più prefissi (come p. es. m μ g invece di ng).

Quanto ai sottomultipli e multipli dell'unità di massa, si deve notare che essi vengono formati col grammo (g) invece che col kilogrammo (kg); prefissi e simboli vengono aggiunti al nome e al simbolo del grammo (g), come se questo fosse l'unità di base.

I nomi delle unità di misura sono indeclinabili con le eccezioni, in italiano, di metro, secondo, kilogrammo, litro, tonnellata, ara, grado, radiante, steradiano (coi multipli e sottomultipli).

I simboli delle unità sono tutti indeclinabili.

Le unità di misura sono indicate col solo simbolo quando accompagnano la misura espressa in cifre. Il simbolo segue il valore numerico e non è seguito dal punto di abbreviazione.

Esempio. Sono ammesse le espressioni: "cinque centimetri" e "5 cm", ma non le espressioni: "cm 5", "5 centimetri", "cinque cm", "5 cm.", "5 CM", "centimetri 5", "cm 5" etc.

ALTRI SISTEMI DI UNITÀ

Il Sistema tecnico di unità di misura prendeva come grandezze fondamentali la lunghezza, la forza, il tempo (unità corrispondenti: metro, kilogrammo-forza, secondo) ma usava diverse unità di misura definite indipendentemente da queste unità. Una caratteristica del sistema era poi l'uso contemporaneamente ammesso di diverse unità di misura per grandezze della stessa natura (p. es. per la potenza: watt, kilogrammo-metro al secondo, cavallo-vapore, calorie all'ora).

Oltre a ciò, un aspetto che, specialmente negli ultimi tempi, lo rese inadatto alle esigenze di universalità e di inequivocabilità fu l'uso dell'unità di forza del kilogrammo come una delle unità fondamentali. Il kilogrammo forza (kg_f), che è il peso del campione del kilogrammo conservato a Parigi, è variabile da un posto all'altro sulla superficie della Terra in funzione principalmente della latitudine ed è anche variabile con la quota sul livello del mare. Così il kilogrammo-forza può equivalere al livello del mare a 9,780 39 N all'Equatore e a 9,832 17 N ai Poli; si pone in media $1 kg_f = 9,806 65 N$.

Una notevole varietà di unità di misura della pressione era in uso col Sistema tecnico. Una tabella delle equivalenze tra le principali è riportata nel riquadro seguente.

Diverse unità utilizzava il sistema tecnico per misurare l'energia termica e quella di tutte le altre specie. Mentre per queste l'unità era il kilogrammo-forza metro (kg_fm), pari in media a 9,807 J, per il calore era la kilocaloria (kcal), definita come la quantità di calore da somministrare a 1 kg di acqua alla pressione di 1 atm e alla temperatura di 14,5°C per innalzarne la temperatura isobaricamente fino a 15,5°C. Risulta: 1 kcal = 4186,8 J. Per la misura del calore sottratto era usata, nella tecnica dei frigoriferi, l'unità della frigoria, pari alla kilocaloria.

Equivalenze tra unità di misura della pressione

	Pa	bar	kg/cm ²	mmHg	mmH ₂ O	atm
1 Pa =	1	10 ⁻⁵	1,019 72×10 ⁻⁵	7,500 64×10 ⁻³	0,101 972	9,8692×10 ⁻⁶
1 bar =	10 ⁵	1	1,019 72	750,062	10 197,2	0,986 92
1 kg/cm ² =	98 066,5	0,980 665	1	735,561	10 ⁴	0,967 841
1 mmHg =	133,322	1,333 22×10 ⁻³	1,359 5×10 ⁻³	1	13,595 10	1,315 789×10 ⁻³
1 mmH ₂ O =	9,806 65	9,807×10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	0,073 555 6	1	9,678 41×10 ⁻⁵
1 atm =	101 325	1,013 25	1,033 227	760	10 332,27	1

Quanto alla potenza, per essa, oltre al kilogrammo-forza metro al secondo (kg_fm/s), erano usati il watt e l'unità del cavallo vapore (CV), uguale a 75 kg_fm/s ossia 735,5 W; per la potenza termica veniva usata l'unità della kilocaloria all'ora (kcal/h), uguale a 1/0,860 W; infine per la potenza termica, ma solo nel campo della tecnica dei frigoriferi e solo per il calore sottratto, era usata la frigoria all'ora, uguale a una kilocaloria all'ora.

Nel sistema inglese, oggi in via di sostituzione col sistema SI nei paesi che ancora lo impiegano, le unità fondamentali sono per la lunghezza il piede (foot, ft), definito come 0,3048 m, per la massa la libbra avoirdupois (pound, pound avd., lb), definita come 0,453 592 37 kg, il secondo (sec, s), il grado Fahrenheit (°F), pari a 5/9 del grado Celsius e con lo zero a $-(17+7/9)°C$, sicché la temperatura di 0°C coincide con 32°F. Per la forza era poi usata l'unità della libbra-forza o poundal (pdl), uguale al peso di un corpo avente massa di 1 lb sottoposto alla gravità normale. Alcune delle più comuni unità del sistema britannico sono elencate di seguito.

EQUIVALENZE TRA UNITÀ DI MISURA

Si danno qui le equivalenze delle più comuni unità di misura del sistema tecnico, del sistema inglese e di altre unità a quelle del sistema SI. Le equivalenze sono date in generale con cinque cifre significative; i valori esatti sono segnalati con un asterisco.

Accelerazione

$$1 \text{ cm/s}^2 = 1 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ft/s}^2 = 3,048 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2 \text{ (*)}$$

Area

$$1 \text{ ft}^2 = 1 \text{ sq.ft} = 9,2903 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ in}^2 = 1 \text{ sq.in} = 6,4516 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ yd}^2 = 1 \text{ sq.yd} = 8,3613 \times 10^{-1} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ a} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ca} = 1 \text{ m}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ha} = 1 \times 10^4 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ acre} = 4,0469 \times 10^3 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ mi}^2 = 2,5900 \times 10^6 \text{ m}^2$$

Calore specifico

$$1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} = 4,1868 \times 10^3 \text{ J/kg K}$$

$$1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} = 4,1868 \times 10^3 \text{ J/kg K}$$

Conduktività termica

$$1 \text{ kcal/h m } ^\circ\text{C} = 1,1630 \text{ W/}^\circ\text{C m}$$

$$1 \text{ Btu/h ft } ^\circ\text{F} = 1,7308 \text{ W/}^\circ\text{C m}$$

Densità di massa

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ lb/ft}^3 = 1,6018 \times 10 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ kg/ft}^3 = 3,5315 \times 10 \text{ kg/m}^3$$

Energia, lavoro, calore, entalpia...

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \times 10^3 \text{ J}$$

$$1 \text{ Frig} = 4,1868 \times 10^3 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 1,0551 \times 10^3 \text{ J}$$

$$1 \text{ erg} = 1 \times 10^{-7} \text{ J} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ CV h} = 2,6477 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ HP h} = 2,6845 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ kW h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ft pdl} = 4,2139 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$1 \text{ ft lb}_f = 1,3558 \text{ J}$$

Energia specifica, etc.

$$1 \text{ cal/g} = 4,1868 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ Btu/lb} = 2,3260 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

Flusso luminoso

$$1 \text{ candela media sferica} = 12,566 \text{ lm}$$

$$1 \text{ Btu/h ft}^2 = 3,1547 \text{ W/m}^2$$

Flusso termico specifico

$$1 \text{ kcal/h m}^2 = 1,1630 \text{ W/m}^2$$

$$1 \text{ Btu/h ft}^2 = 3,1547 \text{ W/m}^2$$

Forza

$$1 \text{ kg}_f = 9,8067 \text{ N}$$

$$1 \text{ dyn} = 1 \times 10^{-5} \text{ N} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ pdl (poundal)} = 1,3825 \times 10^{-1} \text{ N}$$

$$1 \text{ lb}_f = 4,4482 \text{ N}$$

Illuminamento

$$1 \text{ footcandle} = 1 \text{ fc} = 10,764 \text{ lx}$$

$$1 \text{ phot} = 1 \times 10^4 \text{ lx}$$

Luminanza

$$1 \text{ stilb} = 1 \times 10^4 \text{ cd/m}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ lambert } (^1) = 3,1831 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$$

$$1 \text{ footlambert} = 1 \text{ fL} = 3,426 \text{ cd/m}^2$$

Lunghezza

$$1 \text{ ft (piede)} = 3,048 \times 10^{-1} \text{ m} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ Å (Ångström)} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ in (pollice)} = 2,54 \times 10^{-2} \text{ m} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ yd (iarda)} = 9,144 \times 10^{-1} \text{ m} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ mi (miglio)} = 1,6093 \times 10^3 \text{ m}$$

Massa

$$1 \text{ lb (libbra)} = 4,5359 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$1 \text{ ton} = 1,0160 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$1 \text{ oz (oncia)} = 2,8350 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

$$1 \text{ gr (grano)} = 6,4800 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

Portata di massa

$$1 \text{ kg/h} = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$1 \text{ lb/s} = 4,5349 \times 10^{-1} \text{ kg/s}$$

(¹) Il simbolo del lambert, unità estranea al sistema SI, è uguale al simbolo L del litro.

$$1 \text{ lb/h} = 1,2600 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

Portata volumetrica

$$1 \text{ m}^3/\text{h} = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ L/min} = 1,6667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{s} = 1 \text{ cu.ft/s} = 2,8317 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{min} = 1 \text{ cu.ft/min} = 4,7195 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{h} = 1 \text{ cu.ft/h} = 7,8658 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Potenza

$$1 \text{ kcal/h} = 1,1630 \text{ W}$$

$$1 \text{ Frig/h} = 1,1630 \text{ W}$$

$$1 \text{ Btu/h} = 2,9308 \times 10^{-1} \text{ W}$$

$$1 \text{ erg/s} = 1 \times 10^{-7} \text{ W} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ CV} = 7,3548 \times 10^2 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 7,4570 \times 10^2 \text{ W}$$

$$1 \text{ kg}_f\text{m/s} = 9,8067 \text{ W}$$

$$1 \text{ ton (refrig.)} = 3,5017 \times 10^3 \text{ W}$$

Pressione

$$1 \text{ dyn/cm}^2 = 1 \times 10^{-1} \text{ Pa} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ kg}_f/\text{m}^2 = 9,8067 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ pdl/ft}^2 = 1,4881 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,0133 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kg}_f/\text{cm}^2 = 9,8067 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lb}_f/\text{ft}^2 = 4,7880 \times 10 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lb}_f/\text{in}^2 = 1 \text{ psi} = 6,8948 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,8067 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} = 1,3332 \times 10^2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ inHg} = 3,3864 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ inH}_2\text{O} = 2,4909 \times 10^2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ ftH}_2\text{O} = 2,9891 \times 10^3 \text{ Pa}$$

Resistività elettrica

$$1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} = 1 \times 10^{-6} \Omega \text{ m} \text{ (*)}$$

$$1 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} = 1 \times 10^{-9} \Omega \text{ m} \text{ (*)}$$

Tempo

$$1 \text{ d} = 8,64 \times 10^4 \text{ s} \text{ (*)}$$

Trasmittanza e conduttanza specifica

$$1 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C} = 1,1630 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$$

$$1 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} = 5,6784 \text{ W/}^\circ\text{C m}^2$$

Velocità

$$1 \text{ km/h} = 2,7778 \times 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$1 \text{ ft/s} = 1 \text{ fps} = 3,048 \times 10^{-1} \text{ m/s} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ft/h} = 8,4667 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$1 \text{ mile/h} = 1 \text{ mph} = 4,4704 \times 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$1 \text{ kt (nodo)} = 5,1444 \times 10^{-1} \text{ m/s}$$

Velocità di massa

$$1 \text{ lb/h ft}^2 = 1,3563 \times 10^{-3} \text{ kg/s m}^2$$

Viscosità

$$1 \text{ g/cm s} = 1 \text{ poise} = 1 \times 10^{-1} \text{ N s/m}^2 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ kg/m h} = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ N s/m}^2$$

$$1 \text{ lb/ft s} = 1,482 \text{ N s/m}^2$$

Viscosità cinematica

$$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ stoke} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{h} = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ ft}^2/\text{s} = 9,2903 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Volume

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ft}^3 = 2,8317 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ fl.oz} = 2,8413 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 1 \text{ cu.in} = 1,6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ yd}^3 = 7,6455 \times 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal(UK)} = 4,5461 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal(US)} = 3,7854 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Volume specifico

$$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (*)}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{lb} = 6,2428 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$$