

Н.Б. Варгафтик

**Справочник по теплофизическим свойствам
газов и жидкостей**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 54
ББК 24
Н11

Н11 **Н.Б. Варгафтик**
Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик – М.: Книга по Требованию, 2024. – 721 с.

ISBN 978-5-458-36089-0

ISBN 978-5-458-36089-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Для нужд современной техники необходимо знание теплофизических свойств газов и жидкостей.

В этой области наряду с экспериментальными работами широко проводятся теоретические исследования по диффузии, теплопроводности и вязкости газов, устанавливаются уравнения состояния реальных газов. За последние годы накопилось значительное количество данных по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, представляющих практический интерес.

В предлагаемой книге сделана попытка систематизировать результаты работ, выполненных главным образом за последние 5—10 лет. В ней представлены наиболее надежные данные для индивидуальных веществ, газовых смесей и растворов. Приводимые данные в основном базируются на экспериментальном материале. Чаще всего они представлены для целочисленных значений температур и давлений, а в случае смесей — для равных концентраций с тем, чтобы сделать их удобными для практических расчетов.

В справочнике приведены данные по теплофизическим свойствам ряда газов — водорода, лития, азота, воздуха, аргона и водяного пара — при высоких температурах с учетом диссоциации и ионизации. Приведены также данные по теплофизическим свойствам паров лития, натрия и калия до 2000 °К с учетом димеризации молекул этих веществ в газообразном состоянии. Для этих веществ приведены I — S -диаграммы в области высоких температур.

При составлении этого справочника были использованы материалы, приводимые в книгах и периодической литературе.

Автор приносит большую благодарность коллективу кафедры физики Московского авиационного института за оказанную помощь при работе над книгой.

Следует особо отметить работу, проведенную по систематизации, обобщению материалов и составлению таблиц доцентом Л. Д. Воляком — термодинамические свойства калия в газовой фазе, ассистентом Ю. Д. Василевской — диффузия в бинарных газовых смесях, ассистентом В. В. Рыбаковым — термодинамические свойства лития при высоких температурах в газовой фазе. Графическая обработка данных по термодинамическим свойствам воздуха при высоких температурах выполнена канд. техн. наук Л. С. Зайцевой.

Автор выражает глубокую благодарность чл.-корр. АН СССР А. С. Предводителеву и канд. физ.-мат. наук Л. П. Филиппову за весьма ценные указания, а также Е. И. Гайдуну за большую помощь при подготовке рукописи к печати.

Н. Б. Варгафтик

ОБОЗНАЧЕНИЯ

a — температуропроводность	z — коэффициент сжимаемости (pV/RT)
C_p, c_p — теплоемкость при постоянном давлении	α — объемный коэффициент теплового расширения $\left(\frac{1}{V} \frac{\delta V}{\delta T}\right)_p$
C_v — теплоемкость при постоянном объеме	β — термический коэффициент сжимаемости $\left(-\frac{1}{V} \frac{\delta V}{\delta p}\right)_T$
D — коэффициент диффузии	η — вязкость
I, i — энтальпия	λ — теплопроводность
K_T — термодиффузионное отношение	$\Delta\lambda$ — коэффициент термодиффузионного разделения газовой смеси
p — давление	ν — кинематическая вязкость
Pt — критерий Прандтля ($\eta C_p/\lambda$)	ρ — плотность
q — теплота плавления	σ — поверхностное натяжение; электропроводность
R, r — теплота парообразования	
r_i, X_i — объемные доли компонентов в газовой смеси	
S, s — энтропия	
u — скорость звука	
V — удельный объем	

Нижний индекс «кр» и индекс «0» наверху относятся соответственно к критическому и идеально-газовому состояниям. Одинарным и двойным штрихами характеризуются параметры соответственно жидкости и пара на линии насыщения. В таблицах всюду область жидкого состояния ограничена от области пара горизонтальной линией.

ПЕРЕСЧЕТ ВЕЛИЧИН ИЗ СИСТЕМЫ СИ В ДРУГИЕ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ

Величина	Обозначение	Размерность в системе СИ	Размерность в других системах	Множитель для пересчета численных значений из СИ в данную систему
Давление	P	$н/м^2$ $бар = 10^5 н/м^2$	$дин/см^2$ $бар$ $атм$ (физ) $атм$ (физ) $кг/см^2$ (ата) $мм рт.ст.$	10 10^{-5} $0,9869 \cdot 10^{-5}$ 0,9869 1,0137 750
Плотность	ρ	$кг/м^3$	$г/см^3$	10^{-3}
Удельный объем	V	$м^3/кг$	$см^3/г$	10^3
Теплоемкость	C	$кдж/кг \cdot град$	$ккал/кг \cdot град$	0,2388
Энтальпия	i	$кдж/кг$	$ккал/кг$	0,2388
Энтропия	S	$кдж/кг \cdot град$	$ккал/кг \cdot град$	0,2388
Теплота парообразования	r	$кдж/кг$	$ккал/кг$	0,2388
Теплопроводность	λ	$вт/м \cdot град$	$кал/см \cdot сек \cdot град$ $ккал/м \cdot ч \cdot град$	$2,388 \cdot 10^{-3}$ 0,86
Вязкость	η	$н \cdot сек/м^2$ $(кг/м \cdot сек)$	$г/см \cdot сек$ (пуаз) $кг \cdot сек/м^2$ $см^2/сек$ (стокс)	10 0,102 10^4
Кинематическая вязкость	$\nu = \frac{\eta}{\rho}$	$м^2/сек$		
Поверхностное натяжение	δ	$н/м$	$дин/см$ (эрг/см ²)	10^3

ЧАСТЬ I

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

I. ВОДОРОД И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

ВОДОРОД (H_2)

Молекулярный вес 2,0160

Параводород (п- H_2): $T_{пл}=13,8^\circ K$; $T_{кип}=20,28^\circ K$ при 760 мм рт. ст.; $T_{кр}=32,98^\circ K$; $p_{кр}=12,93$ бар; $\rho_{кр}=31,4$ кг/м³.

Нормальный водород (н- H_2 ; 25% п- H_2 + 75% о- H_2): $T_{пл}=13,95^\circ K$; $T_{кип}=20,38^\circ K$ при 760 мм рт. ст.; $T_{кр}=33,23^\circ K$; $p_{кр}=13,16$ бар; $\rho_{кр}=31,6$ кг/м³.

Теплофизические свойства водорода

Как известно, молекулы водорода существуют в двух модификациях, отличающихся друг от друга взаимной ориентацией ядерных спинов атомов. При низких температурах (от 0 до $20^\circ K$) водород находится практически в виде чистой парамодификации (п- H_2). При более высоких температурах параводород частично изомеризуется в ортоводород (о- H_2) и находится с ним в равновесии. Соотношение между концентрациями этих форм зависит в основном от температуры и почти не зависит от давления [1]. На рис. 1 показано изменение равновесного состава водорода (содержания его парамодификации) в зависимости от температуры. При отсутствии катализаторов равновесный состав, соответствующий определенной температуре, устанавливается довольно медленно, чем и обусловлена возможность длительного существования смесей с концентрациями компонентов, значительно отличающимися от равновесных [2]. Наиболее широкое применение получили составы, равновесные при $300^\circ K$ (рис. 1) и температуре кипения жидкого водорода при $p=1$ атм ($20,3^\circ K$). Первый из них называется нормальным водородом (н- H_2 ; 25% п- H_2 + 75% о- H_2), а второй представляет собой практически чистый параводород. Как показали исследования [3], термические свойства $V=f(p, T)$ указанных составов, различаясь при низких температурах, становятся практически одинаковыми при температурах, превышающих температуру Бойля ($T_B=110^\circ K$). Однако calorические величины (теплоемкость, энтальпия, энтропия) при $T>T_B$ для обоих составов отличаются для каждой температуры на постоянную величину. При температурах выше $500^\circ K$ не только термические, но и calorические свойства этих составов становятся практически одинаковыми.

Л. С. Сердюком и Я. З. Казавчинским [3, 4] были составлены единые уравнения состояния параводорода и нормального водорода, описывающие с достаточной точностью весь комплекс термодинамических свойств этих составов в диапазоне температур от тройной точки до появления заметной диссоциации и в интервале приведенных плотностей $\omega = V_{кр}/V$ от 0 до 2,8. По этим урав-

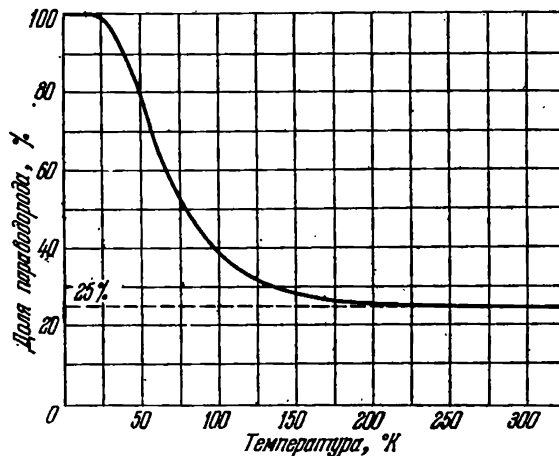


Рис. 1. Изменение равновесного состава водорода (содержания парамодификации) в зависимости от температуры.

нениям [3, 4] были рассчитаны подробные данные о термодинамических свойствах параводорода и нормального водорода [5, 6], которые были использованы в настоящем справочнике.

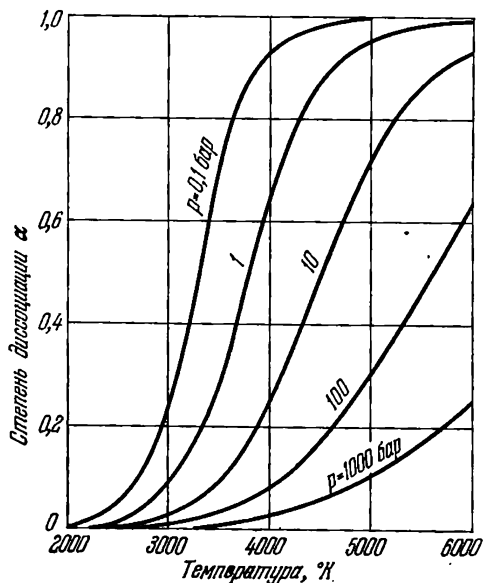


Рис. 2. Изменение степени диссоциации α водорода в зависимости от температуры на различных изобарах.

Ниже помещены таблицы термодинамических свойств водорода на линии насыщения, а также значения V , I и S в температурном интервале 14—1500 °К и при давлениях от 1 до 1000 бар. При этом до 500 °К данные приводятся отдельно для нормального водорода и параводорода, поскольку до этой температуры их термодинамические свойства различны.

Впервые приводятся данные о термодинамических свойствах диссоциированного водорода в температурном интервале от 1500 до 6000 °К при давлениях от 0,1 до 1000 бар, вычисленные П. М. Кессельманом и П. М. Горькиным [8, 9]. Кривые на рис. 2 и 3 характеризуют степень диссоциации α_D и теплоемкость C_p диссоциированного водорода в зависимости от температуры на различных изобарах.

Впервые же в справочник включены таблицы коэффициентов переноса (вязкости η и теплопроводности λ) водорода в состоянии диссоциации по данным, рассчитанным Н. Б. Варгафтиком и Ю. Д. Василевской и опубликованным недавно [13], в температурном интервале 1400—6000 °К при давлениях от 10^{-5} до 200 бар без учета ионизации. На рис. 4 и 5 приведены кривые изменения вязкости η и теплопроводности λ в зависимости от температуры для различных изобар.

Приведена также таблица значений вязкости для ионизованного водорода при температурах 6000—30 000 °К в диапазоне изменения давления от 0,001 до 10 бар. Эти данные были составлены В. А. Беловым [14] на основе теоретических расчетов.

Зависимость температуры плавления нормального водорода и параводорода от давления [7, 396, 399, 400]

T, °K	p, бар		T, °K	p, бар	
	нормальный водород	параводород		нормальный водород	параводород
13, 803*	—	0,0704*	25	457,2	463,1
13, 947*	0,072*	—	26	509,4	515,4
14	1,66	5,96	28	618,3	624,7
15	32,9	37,4	30	733,4	740,0
16	66,5	71,1	35	1047	1055
17	102,3	107,1	40	1398	1405
18	140,1	145,1	45	1785	1794
19	180,0	185,1	50	2206	2215
20	221,8	227,1	55	2663	2672
21	265,4	270,8	60	3154	3164
22	310,8	316,4	65	3679	3689
23	357,9	363,8	70	4238	4249
24	406,8	412,6	80	5460	5472

* Тройная точка.

Термодинамические свойства нормального водорода на линии насыщения:
 V (см³/моль), I и R (дж/моль), S и C_p (дж/моль · град) [1, 7]

T, °K	p, бар	V'	V''	I'	I''	R	S'	S''	C_p'	C_p''
14	0,07451	25,17	15 380	425	1348	923	16,49	82,18	13,41	20,90
15	0,1274	26,44	9 564,5	438	1366	928	17,45	79,07	14,10	21,23
16	0,2054	26,74	6 269,0	453	1384	931	18,35	76,31	14,80	21,56
17	0,3150	27,05	4 294,6	468	1400	932	19,33	73,95	15,52	21,91

продолжение

$T, ^\circ K$	$p, \text{ бар}$	V'	V''	I'	I''	R	S'	S''	C_p'	C_p''
18	0,4629	27,40	3 052,7	485	1416	931	20,27	71,81	16,48	22,30
19	0,6561	27,78	2 237,7	502	1429	927	21,18	69,84	17,68	22,77
20	0,9021	28,20	1 682,6	522	1443	921	22,17	68,10	19,06	23,35
21	1,209	28,65	1 292,1	541	1453	912	23,08	66,39	20,56	24,07
22	1,584	29,15	1 009,5	563	1461	898	24,06	64,84	22,13	24,99
23	2,036	29,70	800,1	587	1469	882	25,03	63,32	23,81	26,15
24	2,574	30,32	641,5	613	1474	861	26,03	61,88	25,62	27,63
25	3,206	31,02	519,2	640	1476	836	27,09	60,50	27,67	29,53
26	3,942	31,81	423,2	670	1476	806	28,18	59,14	30,08	32,02
27	4,789	32,72	346,9	701	1471	770	29,27	57,75	33,07	35,35
28	5,755	33,80	285,2	735	1462	727	30,43	56,36	37,01	40,01
29	6,848	35,10	234,5	774	1450	676	31,66	54,92	42,63	46,93
30	8,077	36,75	191,9	819	1431	612	32,99	53,37	51,52	58,21
30,5	8,747	37,79	173,0	842	1417	575	33,70	52,52	58,35	67,03
31	9,455	38,98	155,1	868	1400	532	34,46	51,59	68,23	79,94
31,5	10,20	40,49	138,1	898	1379	431	35,33	50,58	83,88	100,66
32	11,00	42,47	121,3	933	1352	419	36,32	49,40	112,5	139,29
32,5	11,84	45,39	103,9	977	1313	336	37,56	47,90	181,8	235,59
33	12,73	51,15	83,01	1045	1245	200	39,48	45,54	560,3	817,7
33,23	13,16	63,86	63,86	1131	1131	0	41,99	41,99	∞	∞

Термодинамические свойства параводорода на линии насыщения:
 V ($\text{см}^3/\text{моль}$), I и R (дж/моль), S и C_p ($\text{дж/моль} \cdot \text{град}$) [1, 7]

$T, ^\circ K$	$p, \text{ бар}$	V'	V''	I'	I''	R	S'	S''	C_p'	C_p''
14	0,07880	26,26	14 529	-623	285	908	10,05	74,80	13,25	20,90
15	0,1342	26,54	9 072,9	-609	303	912	11,01	71,75	13,97	21,25
16	0,2154	26,84	5 968,9	-594	321	915	11,93	69,04	14,59	21,60
17	0,3291	27,17	4 102,5	-580	337	917	12,84	66,65	15,33	21,97
18	0,4820	27,53	2 924,5	-563	352	915	13,77	64,53	16,35	22,38
19	0,6812	27,92	2 148,8	-545	367	912	14,69	62,60	17,61	22,87
20	0,9342	28,35	1 618,9	-526	379	905	15,71	60,91	19,04	23,47
21	1,249	28,82	1 245,2	-506	389	895	16,62	59,21	20,56	24,24
22	1,633	29,34	974,1	-484	398	882	17,56	57,62	22,15	25,20
23	2,095	29,91	772,7	-460	404	864	18,56	56,14	23,81	26,43
24	2,645	30,55	619,8	-435	409	844	19,57	54,70	25,63	28,01
25	3,290	31,27	501,7	-408	410	818	20,61	53,90	27,69	30,05
26	4,039	32,10	409,0	-378	409	787	21,70	51,94	30,18	32,73
27	4,901	33,05	335,0	-346	404	750	22,79	50,54	33,27	36,37
28	5,883	34,18	275,1	-310	395	705	23,97	49,14	37,45	41,52
29	6,993	35,57	225,7	-272	380	653	25,15	47,63	43,61	49,32
30	8,240	37,34	184,2	-228	359	587	26,55	46,08	53,64	62,39
30,5	8,920	38,45	165,5	-203	344	547	27,24	45,16		
31	9,638	39,81	147,8	-176	325	501	28,05	44,19	73,79	89,25
31,5	10,399	41,53	130,7	-144	301	445	28,97	43,12		
32	11,205	43,90	113,6	-107	269	376	30,07	41,82	136,04	174,52
32,5	12,068	47,77	94,88	-56	220	276	31,50	39,99		
32,98	12,933	64	64	61	61	0	34,90	34,90	∞	∞

Термодинамические свойства нормального водорода при различных температурах
и давлениях: V ($\text{см}^3/\text{моль}$), I (дж/моль), S и C_p ($\text{дж/моль} \cdot \text{град}$) [5, 7]

$p, \text{ бар}$	V	I	S	C_p	V	I	S	C_p
	$T = 14 ^\circ K$				$T = 16 ^\circ K$			
1	26,14	426	16,47	13,40	26,71	455	18,33	14,76
2					26,68	456	18,30	14,72
4					26,61	461	18,24	14,64
6					26,55	466	18,18	14,56

продолжение

p , бар	V	I	S	C_p	V	I	S	C_p
8					26,48	470	18,12	14,49
10					26,42	474	18,07	14,41
12					26,38	479	18,01	14,34
14					26,30	483	17,96	14,27
16					26,24	488	17,90	14,21
18					26,19	492	17,85	14,14
20					26,13	496	17,80	14,08
30					25,87	518	17,55	13,79
40					25,62	540	17,32	13,54
50					25,40	563	17,10	13,32
60					25,19	585	16,90	13,11
$T=18^\circ\text{K}$					$T=20^\circ\text{K}$			
1	27,38	486	20,25	16,45	28,19	552	22,16	19,05
2	27,34	488	20,21	16,39	28,14	524	22,11	18,96
4	27,26	493	20,14	16,27	28,04	528	22,03	18,79
6	27,18	497	20,07	16,16	27,94	532	21,94	18,62
8	27,11	501	20,00	16,05	27,85	536	21,86	18,46
10	27,03	505	19,93	15,94	27,76	540	21,78	18,32
12	26,96	509	19,89	15,84	27,67	544	21,70	18,18
14	26,89	514	19,80	15,75	27,59	548	21,62	18,04
16	26,82	518	19,74	15,65	27,50	552	21,55	17,91
18	26,76	522	19,68	15,57	27,42	556	21,48	17,79
20	26,69	526	19,62	15,48	27,34	560	21,41	17,67
30	26,38	548	19,33	15,09	26,98	580	21,07	17,16
40	26,10	569	19,08	14,75	26,65	601	20,76	16,73
50	25,84	591	18,81	14,46	26,35	622	20,48	16,36
60	25,61	612	18,58	14,19	26,08	643	20,22	16,04
80	25,18	655	18,18	13,74	25,60	685	19,74	15,51
100	24,80	698	17,78	13,35	25,18	727	19,32	15,08
150					24,33	833	18,43	14,26
200					23,64	938	17,70	13,67
$T=22^\circ\text{K}$					$T=24^\circ\text{K}$			
1	1 690,5	1 484	69,31	23,03	1 875,8	1 530	71,29	22,59
2	29,12	563	24,04	22,07	869,7	1 497	64,60	25,30
4	28,99	567	23,94	21,79	30,19	614	25,95	25,28
6	28,89	571	23,83	21,54	30,02	617	25,81	24,83
8	28,75	574	23,73	21,30	29,86	620	25,67	24,43
10	28,63	577	23,63	21,07	29,70	623	25,50	24,07
12	28,52	581	23,54	20,88	29,56	626	25,45	23,74
14	28,41	585	23,45	20,69	29,42	629	25,33	23,43
16	28,31	588	23,36	20,48	29,28	632	25,22	23,15
18	28,21	592	23,27	20,31	29,15	636	25,12	22,89
20	28,11	596	23,19	20,15	29,03	639	25,02	22,65
30	27,69	615	22,79	19,44	28,47	657	24,55	21,64
40	27,28	635	22,44	18,87	28,00	675	24,14	20,89
50	26,93	655	22,12	18,40	27,59	694	23,77	20,26
60	26,62	675	21,82	18,01	27,22	713	23,44	19,75
80	26,07	716	21,29	17,36	26,59	753	22,84	18,96
100	25,60	758	20,83	16,88	26,08	798	22,33	18,36
150	24,66	862	19,85	15,95	25,02	896	21,27	17,30
200	23,32	966	19,08	15,32	24,22	998	20,42	16,60
250	23,31	1 069	18,39	14,84	23,57	1 101	19,71	16,08
300					23,02	1 202	19,09	15,67
$T=26^\circ\text{K}$					$T=28^\circ\text{K}$			
1	2 058,4	1 575	73,09	22,29	2 234,8	1 619	74,74	22,05
2	970,5	1 546	66,61	24,32	1 067,4	1 593	68,40	23,66
4	31,80	670	28,17	30,05	476,2	1 533	61,21	28,84
6	31,54	671	27,99	29,15	33,74	735	30,40	36,73
8	31,30	673	27,82	28,88	33,32	735	30,14	34,75
10	31,07	675	27,65	27,71	32,94	734	29,90	33,22

продолжение

p , бар	V	I	S	C_p	V	I	S	C_p
12	30,88	677	27,50	27,15	32,61	735	29,68	31,97
14	30,69	680	27,36	26,61	32,31	736	29,48	30,94
16	30,48	682	27,22	26,14	32,03	738	29,30	30,07
18	30,31	685	27,09	25,72	31,76	739	29,13	29,31
20	30,14	687	26,96	25,34	31,52	740	28,98	28,65
30	29,43	703	26,39	23,64	30,57	752	28,30	26,27
40	28,84	719	25,91	22,79	29,82	766	27,68	24,74
50	28,34	737	25,49	21,96	29,20	782	27,18	23,64
60	27,90	755	25,11	21,31	28,67	798	26,75	22,80
80	27,17	792	24,44	20,32	27,81	834	26,00	21,59
100	26,59	832	23,88	19,59	27,12	871	25,38	20,69
150	25,41	982	22,73	18,36	25,83	969	24,10	19,25
200	24,54	1 033	21,82	17,55	24,88	1 068	23,16	18,33
250	23,85	1 134	21,06	16,99	24,13	1 168	22,35	17,68
300	23,26	1 235	20,40	16,52	23,52	1 268	21,68	17,19
$T=30^\circ\text{K}$					$T=32^\circ\text{K}$			
1	2 411,2	1 664	76,27	21,88	2 588,1	1 707	77,68	21,71
2	1 161,8	1 642	70,03	23,17	1 254,1	1 689	71,51	22,79
4	532,3	1 590	63,14	26,89	585,1	1 642	64,83	25,63
6	315,8	1 527	58,29	33,95	358,2	1 590	60,35	30,12
8	195,9	1 439	53,58	56,18	239,9	1 526	56,51	38,68
10	35,91	813	32,55	45,30	160,2	1 434	52,40	64,59
12	35,23	809	32,18	41,29	40,82	917	35,67	80,97
14	34,67	806	31,88	38,49	38,93	899	34,86	59,68
16	34,19	805	31,58	36,38	37,72	889	34,31	50,61
18	33,78	804	31,33	34,75	36,83	882	33,89	45,33
20	33,41	804	31,10	33,42	36,12	878	33,50	41,80
30	31,99	809	30,18	29,26	33,80	871	32,19	33,28
40	30,98	819	29,47	26,96	32,39	875	31,29	29,62
50	30,20	832	28,89	25,44	31,38	884	30,59	27,49
60	29,56	847	28,39	24,33	30,56	897	30,01	26,00
80	28,53	880	27,54	22,80	29,33	926	29,06	24,08
100	27,73	915	26,87	21,75	28,40	959	28,29	22,83
150	26,28	1 009	25,50	20,06	26,78	1 050	26,82	20,92
200	25,24	1 109	24,43	19,05	25,63	1 145	25,71	19,77
250	24,44	1 204	23,61	18,33	24,78	1 242	24,81	18,98
300	23,78	1 304	22,88	17,79	24,03	1 340	24,05	18,40
400					22,98	1 534	22,77	17,62
$T=34^\circ\text{K}$					$T=36^\circ\text{K}$			
1	2 759,6	1 751	79,01	21,59	2 932,2	1 794	80,22	21,48
2	1 345,0	1 733	72,90	22,49	1 434,8	1 777	74,16	22,25
4	635,7	1 693	66,38	24,75	684,7	1 741	67,75	24,09
6	396,8	1 648	62,12	27,93	433,1	1 702	63,66	26,51
8	274,8	1 597	58,67	32,87	305,8	1 659	60,44	29,84
10	198,3	1 535	55,47	41,79	227,8	1 610	57,61	34,78
12	142,0	1 451	52,01	63,66	173,7	1 552	54,91	42,87
14	88,06	1 293	46,68	210,04	132,5	1 481	52,07	58,18
16	47,95	1 044	39,00	142,32	98,08	1 384	48,75	92,25
18	43,19	993	37,42	80,25	69,91	1 257	44,75	138,79
20	40,96	978	36,55	62,25	54,62	1 155	41,59	118,41
30	36,27	943	34,39	39,18	39,89	1 029	36,85	48,29
40	34,14	938	33,21	32,96	36,38	1 007	35,19	37,21
50	32,75	942	32,35	29,82	34,42	1 004	34,11	32,56
60	31,72	951	31,66	27,85	33,07	1 008	33,29	29,90
80	30,22	976	30,58	25,43	31,22	1 028	32,06	26,85
100	29,13	1 006	29,73	23,94	29,94	1 055	31,11	25,08
150	27,28	1 093	28,14	21,77	27,84	1 137	29,39	22,63
200	26,03	1 186	26,95	20,51	26,46	1 227	28,13	21,27
250	25,10	1 281	26,00	19,66	25,45	1 321	27,13	20,35
300	24,35	1 378	25,20	19,03	24,66	1 416	26,29	19,69
400	23,20	1 570	23,88	18,21	23,44	1 607	24,92	18,82

продолжение

p , бар	V	I	S	C_p	V	I	S	C_p
$T=38\text{ }^{\circ}\text{K}$					$T=40\text{ }^{\circ}\text{K}$			
1	3 104,0	1 837	81,39	21,40	3 275,0	1 880	82,47	21,32
2	1 523,7	1 821	75,36	22,06	1 611,8	1 866	76,48	21,90
4	732,5	1 789	69,05	23,59	779,5	1 836	70,24	23,19
6	467,8	1 754	65,07	25,50	501,4	1 805	66,35	24,75
8	334,5	1 717	62,01	27,95	361,8	1 772	63,40	26,64
10	253,6	1 676	59,40	31,20	277,4	1 737	60,93	29,00
12	198,7	1 630	57,02	35,74	220,7	1 698	58,74	32,00
14	158,3	1 579	54,72	42,38	179,6	1 657	56,70	35,92
16	127,0	1 519	52,39	52,51	148,3	1 611	54,74	41,08
18	101,6	1 448	49,94	67,60	123,5	1 561	52,81	47,82
20	81,47	1 370	47,39	84,48	103,5	1 506	50,88	56,06
30	45,69	1 138	39,79	60,16	54,56	1 266	43,05	65,38
40	39,35	1 087	37,34	42,40	43,33	1 178	39,64	47,62
50	36,47	1 072	35,96	35,69	39,00	1 148	37,86	39,01
60	34,66	1 071	34,97	32,14	36,54	1 138	36,67	34,50
80	32,34	1 083	33,55	28,33	33,61	1 142	35,04	29,85
100	30,83	1 107	32,51	26,24	31,80	1 161	33,87	27,40
150	28,43	1 183	30,64	23,49	29,06	1 232	31,86	24,33
200	26,92	1 271	29,31	22,02	27,40	1 316	30,44	22,75
250	25,83	1 363	28,25	21,05	26,21	1 406	29,34	21,73
300	24,97	1 456	27,38	20,35	25,30	1 498	28,43	21,00
400	23,69	1 645	25,97	19,43	23,94	1 685	26,96	20,04
500					22,94	1 872	25,77	19,52
$T=50\text{ }^{\circ}\text{K}$					$T=60\text{ }^{\circ}\text{K}$			
1	4 123,8	2 092	87,20	21,13	4 966,0	2 303	91,06	21,14
2	2 045,2	2 082	81,31	21,44	2 471,7	2 296	85,21	21,34
4	1 005,8	2 062	75,27	22,11	1 224,8	2 281	79,27	21,74
6	659,4	2 041	71,62	22,82	809,2	2 264	75,72	22,19
8	486,2	2 020	68,94	23,60	601,5	2 250	73,14	22,61
10	382,2	1 999	66,79	24,45	477,0	2 235	71,11	23,08
12	313,0	1 977	64,97	25,37	394,1	2 214	69,41	23,54
14	263,5	1 954	63,38	26,39	334,7	2 203	67,94	24,03
16	226,4	1 932	61,95	27,45	290,6	2 189	66,65	24,53
18	197,8	1 909	60,64	28,62	256,2	2 174	65,48	25,06
20	174,8	1 885	59,43	29,87	228,7	2 158	64,42	25,59
30	106,6	1 765	54,31	36,78	141,0	2 082	60,12	28,43
40	75,43	1 655	50,33	41,39	107,2	2 010	56,02	31,14
50	59,77	1 575	47,31	41,57	84,58	1 946	54,17	33,11
60	51,19	1 523	45,24	39,68	70,55	1 893	52,01	34,06
80	42,53	1 473	42,39	35,33	55,02	1 823	48,78	33,82
100	38,18	1 461	40,54	32,12	47,02	1 788	46,51	32,58
150	32,87	1 493	37,68	27,78	37,78	1 781	42,93	29,45
200	30,17	1 559	35,86	25,71	33,54	1 826	40,71	27,36
250	28,41	1 637	34,51	24,48	31,00	1 891	39,12	26,01
300	27,13	1 722	33,42	23,64	29,25	1 969	37,87	25,10
400	25,33	1 899	31,72	22,53	26,90	2 132	35,96	23,93
500	24,08	2 079	30,39	21,84	25,33	2 305	34,51	23,17
600	23,14	2 261	29,30	21,47	24,18	2 482	33,33	22,63
700					23,29	2 660	32,34	22,29
$T=70\text{ }^{\circ}\text{K}$					$T=80\text{ }^{\circ}\text{K}$			
1	5 804,8	2 515	94,32	21,31	6 641,6	2 730	97,19	21,64
2	2 894,9	2 509	88,50	21,45	3 316,0	2 726	91,38	21,75
4	1 440,0	2 497	82,61	21,79	1 653,3	2 716	85,53	21,95
6	955,3	2 486	79,11	22,01	1 099,2	2 707	82,06	22,16
8	713,0	2 474	76,60	22,30	822,2	2 698	79,56	22,36
10	567,7	2 462	74,62	22,60	656,2	2 689	77,63	22,57
12	470,9	2 451	72,98	22,89	545,5	2 679	76,02	22,78
14	401,8	2 439	71,57	23,20	466,5	2 671	74,65	22,99
16	350,1	2 428	70,34	23,50	407,3	2 662	73,45	23,20
18	309,9	2 417	69,23	23,81	361,4	2 653	72,38	23,41
20	277,8	2 405	68,24	24,13	324,5	2 644	71,42	23,62

продолжение

p , бар	V	I	S	C_p	V	I	S	C_p
30	182,1	2 350	64,26	25,72	214,8	2 602	67,62	24,67
40	135,0	2 299	61,29	27,27	160,5	2 563	64,81	25,69
50	107,3	2 251	58,89	28,64	128,3	2 527	62,57	26,62
60	89,51	2 209	56,90	29,69	107,3	2 494	60,70	27,43
80	68,52	2 145	53,75	30,71	81,82	2 440	57,70	28,54
100	57,06	2 104	51,39	30,71	67,36	2 403	55,38	29,02
150	43,53	2 075	47,48	29,40	49,74	2 367	51,36	28,74
200	37,46	2 103	44,98	27,95	41,76	2 383	48,72	27,95
250	33,96	2 155	43,19	26,77	37,20	2 425	46,80	27,13
300	31,62	2 222	41,50	25,87	34,21	2 483	45,30	26,38
400	28,61	2 375	39,71	24,66	30,45	2 625	43,04	25,23
500	26,67	2 540	38,14	23,89	28,11	2 783	41,36	24,45
600	25,29	2 712	36,87	23,31	26,47	2 948	40,02	23,88
800	23,40	3 060	34,92	22,50	24,26	3 288	37,96	22,99
1000					22,84	3 635	36,42	22,32
$T=90^\circ\text{K}$					$T=100^\circ\text{K}$			
1	7 477,2	2 949	99,76	22,09	8 311,8	3 172	102,11	22,63
2	3 735,8	2 945	93,96	22,17	4 154,7	3 169	96,32	22,69
4	1 865,2	2 938	88,13	22,33	2 076,3	3 163	90,50	22,82
6	1 230,3	2 930	84,69	22,49	1 383,5	3 156	87,08	22,94
8	930,2	2 923	82,22	22,64	1 037,3	3 150	84,63	23,06
10	743,3	2 916	80,30	22,80	829,5	3 145	82,72	23,19
12	618,8	2 908	78,71	22,96	691,1	3 139	81,15	23,31
14	529,8	2 901	77,36	23,12	592,3	3 133	79,81	23,43
16	463,2	2 894	76,18	23,27	518,2	3 127	78,65	23,55
18	411,4	2 887	75,14	23,43	460,6	3 122	77,61	23,67
20	370,0	2 880	74,19	23,58	414,6	3 116	76,68	23,79
30	246,2	2 847	70,49	24,34	276,7	3 090	73,06	24,37
40	184,7	2 816	67,79	25,07	208,2	3 065	70,42	24,93
50	148,2	2 788	65,64	25,74	167,4	3 043	68,33	25,44
60	124,1	2 762	63,85	26,35	140,3	3 023	66,60	25,92
80	94,64	2 719	60,98	27,32	107,0	2 988	63,82	26,73
100	77,55	2 687	58,73	27,92	87,51	2 962	61,63	27,31
150	56,13	2 652	54,71	28,19	62,57	2 931	57,66	27,88
200	46,28	2 662	52,00	27,82	50,90	2 939	54,93	27,78
250	40,65	2 698	50,00	27,32	44,21	2 971	52,88	27,50
300	36,98	2 750	48,42	26,79	39,86	3 019	51,26	27,17
400	32,42	2 880	46,04	25,83	34,48	3 141	48,80	26,46
500	29,64	3 030	44,28	25,09	31,23	3 284	46,95	25,81
600	27,71	3 190	42,87	24,53	29,01	3 438	45,49	25,30
800	25,16	3 522	40,70	23,68	26,11	3 762	43,24	24,53
1000	23,53	3 861	39,07	22,93	24,26	4 094	41,53	23,84
$T=120^\circ\text{K}$					$T=140^\circ\text{K}$			
1	9 979,4	3 637	106,35	23,80	11 645	4 124	110,11	24,92
2	4 990,8	3 635	100,57	23,84	5 325,5	4 122	104,33	24,96
4	2 496,6	3 631	94,77	23,93	2 915,5	4 120	98,54	25,02
6	1 665,3	3 627	91,36	24,01	1 945,6	4 117	95,15	25,08
8	1 249,7	3 623	88,93	24,09	1 460,7	4 114	92,73	25,14
10	1 000,3	3 619	87,04	24,18	1 169,7	4 112	90,85	25,20
12	834,2	3 615	85,49	24,26	975,8	4 109	89,30	25,25
14	715,5	3 612	84,17	24,34	837,3	4 107	88,00	25,31
16	626,5	3 608	83,02	24,42	733,5	4 105	86,86	25,37
18	557,3	3 604	82,01	24,50	652,7	4 102	85,86	25,42
20	502,0	3 600	81,10	24,58	588,1	4 100	84,96	25,48
30	336,3	3 583	77,55	24,96	394,5	4 089	81,46	25,75
40	253,6	3 568	75,00	25,32	297,9	4 080	78,96	26,01
50	204,3	3 554	72,99	25,66	240,0	4 072	76,99	26,25
60	171,5	3 551	71,33	25,97	201,6	4 065	75,37	26,47
80	130,9	3 520	68,67	26,54	153,8	4 054	72,79	26,88
100	106,8	3 505	66,58	27,01	125,3	4 046	70,76	27,24
150	75,36	3 488	62,73	27,76	87,86	4 044	67,03	27,92
200	60,27	3 498	60,02	28,02	69,55	4 060	64,36	28,29

продолжение

<i>p</i> , бар	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>C_p</i>	<i>V</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>C_p</i>
250	51,50	3 527	57,95	28,03	58,83	4 091	62,31	28,45
300	45,80	3 571	56,30	27,96	51,81	4 135	60,65	28,51
400	38,78	3 684	53,75	27,72	43,19	4 246	58,08	28,51
500	34,57	3 818	51,81	27,40	38,04	4 376	56,12	28,41
600	31,74	3 968	50,27	27,07	34,53	4 517	54,54	28,27
800	28,11	4 273	47,89	26,52	30,18	4 818	52,10	27,94
1000	25,81	4 594	46,09	26,09	27,45	5 132	50,24	27,67
<i>T</i> =160 °K					<i>T</i> =180 °K			
1	13 311	4 632	113,49	25,87	14 975	5 158	116,60	26,66
2	6 659,2	4 631	107,72	25,89	7 492,4	5 157	110,83	26,68
4	3 333,5	4 630	101,94	25,94	3 751,0	5 156	105,05	26,72
6	2 325,0	4 628	98,55	25,98	2 503,9	5 155	101,66	26,75
8	1 670,8	4 627	96,14	26,03	1 880,3	5 155	99,25	26,78
10	1 338,3	4 625	94,26	26,07	1 506,2	5 154	97,38	26,82
12	1 116,6	4 624	92,73	26,11	1 256,8	5 153	95,85	26,85
14	958,3	4 622	91,43	26,16	1 078,7	5 153	94,55	26,89
16	839,6	4 621	90,30	26,20	945,1	5 152	93,43	26,92
18	747,2	4 619	89,30	26,24	841,2	5 151	92,44	26,95
20	673,4	4 618	88,40	26,28	758,2	5 151	91,55	26,98
30	452,0	4 612	84,94	26,49	508,9	5 148	88,11	27,14
40	341,4	4 607	82,47	26,68	384,4	5 147	85,65	27,29
50	275,1	4 603	80,53	26,86	309,8	5 146	83,73	27,43
60	231,1	4 600	78,93	27,03	260,1	5 146	82,16	27,56
80	176,2	4 596	76,40	27,84	198,2	5 147	79,65	27,80
100	143,4	4 595	74,41	27,61	161,1	5 151	77,70	28,02
150	100,1	4 605	70,76	28,17	112,0	5 171	74,10	28,47
200	78,72	4 629	68,15	28,55	87,74	5 202	71,53	28,81
250	66,11	4 664	66,12	28,77	73,31	5 242	69,54	29,04
300	57,82	4 709	64,48	28,88	68,79	5 290	67,91	29,18
400	47,61	4 821	61,91	28,98	52,01	5 404	65,36	29,33
500	41,53	4 951	59,95	29,02	45,03	5 535	63,40	29,41
600	37,46	5 090	59,36	29,01	40,36	5 675	61,82	29,46
800	32,30	5 387	55,89	28,88	34,44	5 971	59,33	29,47
1000	29,12	5 697	54,00	28,71	30,80	6 278	57,43	29,39
<i>T</i> =200 °K					<i>T</i> =220 °K			
1	16 640	5 697	119,43	27,29	18 303	6 248	122,06	27,79
2	8 825,2	5 697	113,66	27,31	9 147,7	6 248	116,29	27,80
4	4 168,0	5 697	107,89	27,33	4 584,8	6 249	110,52	27,82
6	2 782,3	5 696	104,50	27,36	3 060,5	6 249	107,14	27,85
8	2 089,5	5 696	102,10	27,39	2 298,4	6 249	104,74	27,87
10	1 673,8	5 696	100,23	27,42	1 841,1	6 250	102,87	27,89
12	1 396,7	5 696	98,71	27,44	1 536,3	6 250	101,35	27,91
14	1 198,8	5 696	97,41	27,47	1 318,6	6 250	100,06	27,93
16	1 050,3	5 696	96,39	27,50	1 155,3	6 251	98,94	27,96
18	934,9	5 696	95,30	27,52	1 023,3	6 251	97,95	27,98
20	842,5	5 696	94,41	27,55	926,7	6 252	97,06	28,00
30	565,5	5 697	90,99	27,67	621,9	6 254	93,65	28,10
40	427,1	5 697	88,55	27,79	469,6	6 258	91,22	28,20
50	344,2	5 699	86,64	27,90	378,3	6 261	89,32	28,29
60	388,9	5 701	85,08	28,01	317,4	6 265	87,77	28,38
80	219,9	5 707	82,60	28,21	241,5	6 275	85,30	28,54
100	178,6	5 715	80,66	28,38	196,0	6 286	83,38	28,68
150	123,8	5 743	77,11	28,75	135,5	6 321	79,86	28,99
200	96,64	5 780	74,57	29,04	105,4	6 363	77,35	29,24
250	80,43	5 825	72,60	29,26	87,48	6 412	75,40	29,43
300	69,70	5 876	70,98	29,40	75,57	6 466	73,80	29,58
400	56,42	5 993	68,45	29,57	60,79	6 587	71,28	29,75
500	48,51	6 125	66,51	29,66	51,98	6 721	69,34	29,84
600	43,24	6 267	64,93	29,73	46,11	6 864	67,77	29,91
800	36,58	6 563	62,44	29,82	38,73	7 162	65,30	30,09
1000	32,50	6 870	60,54	29,81	34,21	7 469	63,40	30,08