

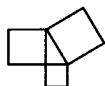
Walter Greiner
Ludwig Neise
Horst Stöcker

Thermodynamik und Statistische Mechanik

Ein Lehr- und Übungsbuch

Mit zahlreichen Abbildungen, Beispielen
und Aufgaben mit ausführlichen Lösungen

2. völlig überarbeitete und erweiterte Aufl. 1993



Verlag Harri Deutsch

Inhaltsverzeichnis

I. Thermodynamik	1
1 Gleichgewicht und Zustandsgrößen	2
1.1 Einführung	2
1.2 Systeme, Phasen und Zustandsgrößen	3
1.3 Gleichgewicht und Temperatur – Der Nullte Hauptsatz	6
1.4 Kinetische Theorie des idealen Gases	12
1.5 Druck, Arbeit und chemisches Potential	16
1.6 Wärme und Wärmekapazität	20
1.7 Zustandsgleichung realer Gase	22
1.8 Spezifische Wärme	27
1.9 Zustandsänderungen – reversible und irreversible Prozesse	29
1.10 Exakte und inexacte Differentiale, Kurvenintegration	33
2 Die thermodynamischen Hauptsätze	41
2.1 Der 1. Hauptsatz	41
2.2 Der Carnotsche Kreisprozeß und die Entropie	49
2.3 Die Entropie und der 2. Hauptsatz	54
2.4 Mikroskopische Interpretation der Entropie und des 2. Hauptsatzes	56
2.5 Globales und lokales Gleichgewicht	68
2.6 Thermodynamische Maschinen	68
2.7 Der Maxwellsche Dämon	81
2.8 Euler-Gleichung und Gibbs-Duhem-Relation	84
3 Phasenumwandlungen und chemische Reaktionen	89
3.1 Die Gibbssche Phasenregel	89
3.2 Phasengleichgewicht und Maxwell-Konstruktion	96
3.3 Das Massenwirkungsgesetz	100
3.4 Anwendungen der Hauptsätze	113

4. Thermodynamische Potentiale	119
4.1 Prinzip der maximalen Entropie – Prinzip der minimalen Energie . . .	119
4.2 Entropie und Energie als thermodynamische Potentiale	121
4.3 Die Legendre-Transformation	123
4.4 Die freie Energie	127
4.5 Die Enthalpie	133
4.6 Die freie Enthalpie	140
4.7 Das großkanonische Potential	149
4.8 Die Transformation aller Variablen	150
4.9 Die Maxwell-Relationen	151
4.10 Jacobi-Transformationen	161
4.11 Thermodynamische Stabilität	164
4.12 Standard-Potentiale und Nernstscher Wärmesatz	167
II. Statistische Mechanik	181
5 Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik	182
6 Zahl der Mikrozustände Ω und Entropie S	194
6.1 Grundlagen	194
6.2 Der Phasenraum	195
6.3 Statistische Definition der Entropie	199
6.4 Gibbssches Paradoxon	205
6.5 Quantenmechanische Abzählung von Ω	208
7 Ensembletheorie und mikrokanonisches Ensemble	219
7.1 Die Phasenraumdichte, Ergodenhypothese	219
7.2 Liouvilles Theorem	223
7.3 Das mikrokanonische Ensemble	225
7.4 Die Entropie als Ensemblemittel	228
7.5 Die Unsicherheitsfunktion	229
8 Das kanonische Ensemble	242
8.1 Allgemeine Begründung des Gibbsschen Korrekturfaktors	248
8.2 Systeme nichtwechselwirkender Teilchen	256
8.3 Berechnung von Observablen als Ensemblemittel	264
8.4 Der Zusammenhang von mikrokanonischem und kanonischem Ensemble	291

8.5	Fluktuationen	297
8.6	Virialsatz und Äquipartitionstheorem	301
8.7	Kanonisches Ensemble als Mittelwert aller möglichen Verteilungen . . .	307
9	Anwendungen der Boltzmann-Statistik	316
9.1	Quantensysteme in der Boltzmann-Statistik	316
9.2	Paramagnetismus	324
9.3	Negative Temperaturen in Zwei-Niveau-Sytemen	334
9.4	Gase mit inneren Freiheitsgraden	336
9.5	Angeregte Zustände in Molekülen, Atomen und Atomkernen	346
10	Globales und lokales Gleichgewicht	355
10.1	Druck und Dichteverteilung in Materie	356
11	Das großkanonische Ensemble	371
11.1	Fluktuationen im großkanonischen Ensemble	381
III.	Reale Gase, Quantengase und Phasenübergänge	391
12	Relativistische Thermodynamik	392
12.1	Relativistisches ideales Gas im kanonischen Ensemble	392
12.2	Nichtrelativistische Erweiterung der Ensembletheorie	398
12.3	Relativistisches ideales Gas im verallgemeinerten Ensemble	408
13	Bosonen und Fermionen	422
13.1	Der Symmetriecharakter von Vielteilchenwellenfunktionen	422
13.2	Großkanonische Beschreibung idealer Quantensysteme	430
14	Ideale Quantengase	443
14.1	Das ideale Bose-Gas	443
14.2	Ultrarelativistisches Bose-Gas	454
14.3	Ideales Fermi-Gas	470
15	Reale Gase	477
15.1	Mayers Clusterentwicklung	480
15.2	Virialentwicklung	492
16	Mittlere freie Weglänge, Stoßzeit und Wirkungsquerschnitt	494

17 Klassifizierung von Phasenübergängen	502
17.1 Theorem der übereinstimmenden Zustände	510
17.2 Kritische Indizes	512
17.3 Beispiele für Phasenübergänge	513
18 Die Modelle von Ising und Heisenberg	528
A Geschichtliche Entwicklung der Thermodynamik	553
B Physikalische Maßeinheiten in der Thermodynamik	560
C Literatur zum Themenkreis	565
Sachwortverzeichnis	568