

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	1
2	Klassische Thermodynamik	7
2.1	Zustandsgleichungen	8
2.2	Zustandsänderungen: Der erste Hauptsatz	13
2.2.1	Der Energiesatz der Thermodynamik	13
2.2.2	Responsfunktionen	16
2.3	Zustandsänderungen: Die Entropie S und der zweite Hauptsatz	19
2.3.1	Der Carnotprozess: Diskussion mit den Variablen p und V	22
2.3.2	Der Carnotprozess: Diskussion mit den Variablen S und T	27
2.3.3	Allgemeine thermodynamische Prozesse und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	29
2.4	Formale Aussagen der Thermodynamik	32
2.4.1	Einkomponentige Systeme	32
2.4.2	Mehrkomponentige Systeme	35
2.5	Phasen und Phasenübergänge: Einkomponentige Systeme	36
2.5.1	Ein kurzer Einblick	36
2.5.2	Die Phasen eines van der Waals-Gases	39
3	Grundlagen der statistischen Mechanik und Quantenmechanik	47
3.1	Statistische Mittelungsverfahren	47
3.2	Klassische Verteilungsfunktionen	53
3.2.1	Eigenschaften	53
3.2.2	Die Binomialverteilung	54
3.2.3	Die Gaußverteilung	59
3.2.4	Die Poisson-Verteilung	61
3.3	Mittelung in der Quantenmechanik	62
3.3.1	Ensemblemittelung	63
3.3.2	Statistische Ensemblemittelung	64
3.3.3	Die Wigner-Moyal-Darstellung	66
3.4	Das Liouville-Theorem	69
3.4.1	Klassische Systeme	70
3.4.2	Quantensysteme	75

4	Definition und Diskussion der statistischen Ensembles	79
4.1	Das mikrokanonische Ensemble	79
4.1.1	Klassische Systeme	80
4.1.2	Quantensysteme	83
4.2	Das kanonische Ensemble	85
4.2.1	Konstruktive Definition	86
4.2.2	Quantensysteme, abstrakte Definition	90
4.2.3	Klassische Systeme	91
4.2.4	Klassische Systeme: Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung	92
4.3	Das makrokanonische Ensemble	99
4.3.1	Quantensysteme	99
4.3.2	Klassische Systeme	103
4.4	Offene Systeme: Verallgemeinertes makrokanonisches Ensemble	104
4.5	Überblick: Verteilungsfunktionen und Dichteoperatoren	106
4.5.1	Klassische Systeme	106
4.5.2	Quantensysteme	109
5	Statistische Thermodynamik	111
5.1	Erste Aussagen über thermodynamische Potentiale	112
5.2	Die Entropie	114
5.2.1	Aspekte der Informationstheorie	115
5.2.2	Entropie und Informationsentropie	121
5.3	Diskussion der Entropie und des zweiten Hauptsatzes	129
5.4	Thermodynamische Potentiale	132
5.5	Thermodynamische Relationen	137
6	Idealisierte Systeme	143
6.1	Das ideale klassische Gas	144
6.1.1	Das semiklassische ideale Gas	149
6.2	Ideale Quantengase: Grundlagen	152
6.3	Das ideale Fermigas	156
6.3.1	Grundgrößen: Thermodynamisches Potential, Teilchen- zahl, Energie und Entropie	156
6.3.2	Die Fermi-Dirac-Verteilungsfunktion	159
6.3.3	Auswertung der Zustandssummen	162
6.3.4	Fermi-Dirac Integrale in Aktion	165
6.3.5	Grenzfall: Hohe Temperaturen	169
6.3.6	Allgemeine Temperaturen	172
6.3.7	Grenzfall: Tiefe Temperaturen	173
6.4	Das ideale Bosegas	178
6.4.1	Grenzfall: Tiefe Temperaturen	181
6.4.2	Die Bose-Einstein-Kondensation	184
6.4.3	Experimentelles zur Bose-Einstein-Kondensation	194

7	Einfache Festkörpermodelle	197
7.1	Das klassische Oszillatormodell	198
7.2	Das Festkörpermodell von Einstein	199
7.3	Das Festkörpermodell von Debye	203
7.3.1	Die Eigenmoden einer linearen Kette	205
7.3.2	Festkörper: Thermodynamische Größen	208
7.3.3	Thermodynamische Aspekte des Debye-Modells	211
7.4	Ergänzungen	217
7.4.1	Photogas: Hohlraumstrahlung	217
7.4.2	Metallelektronen: Pauli-Paramagnetismus	220
8	Reale Systeme: Klassische Vielteilchensysteme	225
8.1	Clusterentwicklung	225
8.1.1	Verteilungsfunktionen und Korrelationsfunktionen	227
8.1.2	Aufbereitung der Clusterentwicklung	238
8.1.3	Diskussion des zweiten Virialkoeffizienten $B(T)$	240
8.1.4	Berechnung von $B(T)$ für das 6-12- Lennard-Jones-Potential und das Sutherland-Potential	250
8.1.5	Die Mayer-Clusterentwicklung	253
8.2	Kumulantenentwicklung	257
8.2.1	Die Kumulantenfunktionen in niedrigster Ordnung	257
8.2.2	Das Theorem verbundener Cluster	259
8.3	Virialentwicklung	262
8.3.1	Die Virialentwicklung der kalorischen Zustandsgleichung	263
8.3.2	Einige Resultate für die Virialkoeffizienten	265
9	Reale Systeme: Vielteilchenquantensysteme	269
9.1	Störungstheorie	269
9.1.1	Auswertung von Zustandssummen	269
9.1.2	Auf dem Weg zum Wick'schen Theorem	274
9.1.3	Wick'sches Theorem für thermische Systeme	276
9.1.4	Anwendung des Wick'schen Theorems	278
9.1.5	Diagrammatik	281
9.2	Dichtefunktionaltheorie	288
9.2.1	DFT für Systeme mit $T = 0$	288
9.2.2	Temperaturabhängige DFT: Grundlagen	294
9.2.3	Temperaturabhängige DFT: Funktionale	299
Anhang A:	Phasenübergänge	311
A.1	Eine Auswahl von Phasenübergängen	311
A.2	Klassische Phasenübergänge	312
A.3	Klassifikation	317
A.4	Literaturangaben	326

Anhang B: Zweitquantisierung	327
B.1 Der N -Teilchen-Hilbertraum	327
B.1.1 Fermionen	328
B.1.2 Bosonen	331
B.2 Formale Fassung	332
B.2.1 Fermionen	335
B.2.2 Bosonen	336
B.3 Die Fockräume \mathcal{F} und \mathcal{B}	337
B.4 Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	337
B.4.1 Fermionen	338
B.4.2 Bosonen	342
B.5 Einteilchen-Operatoren	343
B.6 Zweiteilchen-Operatoren	346
B.6.1 Fermionen	348
B.6.2 Bosonen	351
B.7 Literaturangaben	352
Anhang C: Funktionale	353
C.1 Definitionen	353
C.2 Funktionalableitungen	355
C.3 Rechenregeln	358
C.4 Variationsprinzip	359
C.5 Literaturangaben	361
Anhang D: Die Riemann'sche ζ-Funktion	363
D.1 Definition durch eine Dirichlet-Reihe	363
D.2 Definition durch das Euler-Produkt	365
D.3 Definition durch eine Funktionalgleichung	366
D.4 Alternative Optionen	367
D.5 Spezielle Funktionswerte	368
D.5.1 Funktionswerte für gerade natürliche Argumentwerte	368
D.5.2 Funktionswerte für negative ganzzahlige Argumente	370
D.5.3 Funktionswerte für halbzahlige Argumente	370
D.6 Literaturangaben	370
Index	373

Theoretische Physik 4

Statistische Mechanik und Thermodynamik

Dreizler, R.M.; Lüdde, C.S.

2016, XII, 378 S. 133 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-12745-8