
Inhaltsverzeichnis

1	Klassische Statistische Physik	1
1.1	Vorbereitungen	3
1.1.1	Formulierung des Problems	3
1.1.2	Einfaches Modellsystem	6
1.1.3	Aufgaben	13
1.2	Mikrokanonische Gesamtheit	15
1.2.1	Zustand, Phasenraum, Zeitmittel	15
1.2.2	Statistische Ensemble, Scharmittel	19
1.2.3	Liouville-Gleichung	21
1.2.4	Mikrokanonische Gesamtheit	25
1.2.5	Aufgaben	29
1.3	Anschluss an die Thermodynamik	32
1.3.1	Überlegungen zum thermischen Gleichgewicht	32
1.3.2	Entropie und Temperatur	38
1.3.3	Zweiter Hauptsatz	45
1.3.4	Chemisches Potential	47
1.3.5	Grundrelation der Thermodynamik	49
1.3.6	Gleichverteilungssatz	52
1.3.7	Ideales Gas	55
1.3.8	Aufgaben	60

1.4	Kanonische Gesamtheit	64
1.4.1	Zustandssumme	65
1.4.2	Freie Energie	70
1.4.3	Fluktuationen	72
1.4.4	Äquivalenz von mikrokanonischer und kanonischer Gesamtheit .	74
1.4.5	Aufgaben	77
1.5	Großkanonische Gesamtheit	83
1.5.1	Großkanonische Zustandssumme	84
1.5.2	Anschluss an die Thermodynamik	87
1.5.3	Teilchenfluktuationen	91
1.5.4	Aufgaben	94
	Kontrollfragen	96
2	Quantenstatistik	101
2.1	Grundlagen	103
2.1.1	Statistischer Operator (Dichtematrix)	103
2.1.2	Korrespondenzprinzip	108
2.1.3	Aufgaben	110
2.2	Mikrokanonische Gesamtheit	111
2.2.1	Phasenvolumen	112
2.2.2	Dritter Hauptsatz	114
2.2.3	Aufgaben	115
2.3	Kanonische Gesamtheit	117
2.3.1	Kanonische Zustandssumme	118
2.3.2	Sattelpunktmethode	121
2.3.3	Darwin-Fowler-Methode	124
2.3.4	Methode der Lagrangeschen Multiplikatoren	132
2.3.5	Aufgaben	135

Inhaltsverzeichnis

2.4	Großkanonische Gesamtheit	144
2.4.1	Großkanonische Zustandssumme	145
2.4.2	Aufgaben	150
2.5	Extremaleigenschaften thermodynamischer Potentiale	151
2.5.1	Entropie und Statistischer Operator	151
2.5.2	Boltzmann'sche H -Funktion	153
2.5.3	Entropie	155
2.5.4	Freie Energie	156
2.5.5	Großkanonisches Potential	156
2.6	Näherungsmethoden	157
2.6.1	Thermodynamische Wechselwirkungsdarstellung	158
2.6.2	Störungstheorie zweiter Ordnung	160
2.6.3	Variationsverfahren	163
2.6.4	Aufgaben	165
	Kontrollfragen	166
3	Quantengase	171
3.1	Grundlagen	174
3.1.1	Identische Teilchen	174
3.1.2	Zustandssummen der idealen Quantengase	179
3.1.3	Aufgaben	183
3.2	Ideales Fermi-Gas	186
3.2.1	Zustandsgleichungen	186
3.2.2	Klassischer Grenzfall	189
3.2.3	Zustandsdichte, Fermi-Funktion	191
3.2.4	Sommerfeld-Entwicklung	195
3.2.5	Thermodynamische Eigenschaften	198
3.2.6	Spinparamagnetismus	203
3.2.7	Landau-Niveaus	207

3.2.8	Großkanonisches Potential freier Elektronen im Magnetfeld	214
3.2.9	Landau-Diamagnetismus	221
3.2.10	De Haas-van Alphen-Effekt	223
3.2.11	Aufgaben	226
3.3	Ideales Bose-Gas	233
3.3.1	Zustandsgleichungen	234
3.3.2	Klassischer Grenzfall	238
3.3.3	Bose-Einstein-Kondensation	239
3.3.4	Isothermen des idealen Bose-Gases	244
3.3.5	Thermodynamische Potentiale	246
3.3.6	Photonen	250
3.3.7	Phononen	256
3.3.8	Aufgaben	268
	Kontrollfragen	273
4	Phasenübergänge	279
4.1	Begriffe	282
4.1.1	Phasen	282
4.1.2	Phasenübergang erster Ordnung	284
4.1.3	Phasenübergang zweiter Ordnung	288
4.1.4	Ordnungsparameter	291
4.1.5	Kritische Fluktuationen	293
4.1.6	Aufgaben	297
4.2	Kritische Phänomene	301
4.2.1	Kritische Exponenten	301
4.2.2	Skalengesetze	308
4.2.3	Korrelationsfunktion	315
4.2.4	Aufgaben	319

4.3	Klassische Theorien	321
4.3.1	Landau-Theorie	321
4.3.2	Räumliche Fluktuationen	324
4.3.3	Kritische Exponenten	327
4.3.4	Gültigkeitsbereich der Landau-Theorie	330
4.3.5	Modell eines Paramagneten	332
4.3.6	Molekularfeldnäherung des Heisenberg-Modells	336
4.3.7	Van der Waals-Gas	342
4.3.8	Paarkorrelation und Strukturfaktor	344
4.3.9	Ornstein-Zernike-Theorie	347
4.3.10	Aufgaben	351
4.4	Ising-Modell	355
4.4.1	Das eindimensionale Ising-Modell ($B_0 = 0$)	357
4.4.2	Transfer-Matrix-Methode	359
4.4.3	Thermodynamik des $d = 1$ -Ising-Modells	362
4.4.4	Zustandssumme des zweidimensionalen Ising-Modells	364
4.4.5	Der Phasenübergang	373
4.4.6	Das Gittergas-Modell	377
4.4.7	Thermodynamische Äquivalenz von Gittergas- und Ising-Modell .	381
4.4.8	Aufgaben	384
4.5	Thermodynamischer Limes	388
4.5.1	Problematik	388
4.5.2	„Katastrophische“ Potentiale	390
4.5.3	„Stabile“ Potentiale	393
4.5.4	Kanonische Gesamtheit	394
4.5.5	Großkanonische Gesamtheit	397
4.6	Mikroskopische Theorie des Phasenübergangs	399
4.6.1	Endliche Systeme	400
4.6.2	Die Sätze von Yang und Lee	404

4.6.3 Mathematisches Modell eines Phasenübergangs	407
4.6.4 Aufgaben	411
Kontrollfragen	412
Lösungen der Übungsaufgaben	417
Sachverzeichnis	637