

L. D. LANDAU · E. M. LIFSCHITZ

**LEHRBUCH
DER THEORETISCHEN
PHYSIK**

v

STATISTISCHE PHYSIK

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

STATISTISCHE PHYSIK

von

L. D. LANDAU † · E. M. LIFSCHITZ

In deutscher Sprache herausgegeben

von

Prof. Dr. GÜNTER VOJTA

Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstofforschung
der Akademie der Wissenschaften der DDR und Sektion Physik
der Technischen Universität Dresden

4. Auflage

Mit 71 Abbildungen und 3 Tabellen



AKADEMIE - VERLAG · BERLIN

1975

INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel I. Die Grundprinzipien der Statistik	1
§ 1. Die statistische Verteilung	1
§ 2. Die statistische Unabhängigkeit	6
§ 3. Das LIOUVILLE-Theorem	10
§ 4. Die Rolle der Energie	11
§ 5. Die Dichtematrix	15
§ 6. Die statistische Verteilung in der Quantenstatistik	21
§ 7. Die Entropie	24
§ 8. Das Gesetz über das Anwachsen der Entropie (Entropiesatz)	30
 Kapitel II. Die thermodynamischen Größen	 36
§ 9. Temperatur	36
§ 10. Die makroskopische Bewegung	38
§ 11. Adiabatische Prozesse	40
§ 12. Der Druck	44
§ 13. Arbeit und Wärmemenge.	47
§ 14. Enthalpie	50
§ 15. Freie Energie und freie Enthalpie	51
§ 16. Beziehungen zwischen den Ableitungen der thermodynamischen Größen	54
§ 17. Thermodynamische Temperaturskala	58
§ 18. JOULE-THOMSON-Prozeß	59
§ 19. Die maximale Arbeit	61
§ 20. Die von einem Körper, der sich in einem äußeren Medium befindet, geleistete maximale Arbeit	63
§ 21. Thermodynamische Ungleichungen	66
§ 22. Prinzip von LE CHATELIER	69
§ 23. NERNST'Sches Theorem	73
§ 24. Die Abhängigkeit der thermodynamischen Größen von der Teil- chenzahl	75
§ 25. Gleichgewicht eines Körpers in einem äußeren Feld	77
§ 26. Rotierende Körper	79
§ 27. Thermodynamische Beziehungen im relativistischen Gebiet . . .	81
 Kapitel III. GIBBS'Sche Verteilung.	 84
§ 28. GIBBS'Sche Verteilung	84
§ 29. MAXWELL'Sche Verteilung	87

§ 30. Wahrscheinlichkeitsverteilung für einen Oszillator	92
§ 31. Freie Energie in der GIBBSschen Verteilung	95
§ 32. Thermodynamische Störungstheorie	100
§ 33. Entwicklung nach Potenzen von \hbar	103
§ 34. GIBBSsche Verteilung für rotierende Körper.	109
§ 35. GIBBSsche Verteilung mit variabler Teilchenzahl.	111
§ 36. Ableitung der thermodynamischen Beziehungen aus der GIBBS- schen Verteilung	115
Kapitel IV. Ideales Gas	117
§ 37. BOLTZMANN-Verteilung	117
§ 38. BOLTZMANN-Verteilung in der klassischen Statistik.	119
§ 39. Stöße von Molekülen	121
§ 40. Ideales Gas im Nichtgleichgewichtszustand	124
§ 41. Freie Energie eines idealen BOLTZMANN-Gases	127
§ 42. Zustandsgleichung des idealen Gases	128
§ 43. Ideales Gas mit konstanter spezifischer Wärme	131
§ 44. Gleichverteilungssatz	136
§ 45. Einatomiges ideales Gas	139
§ 46. Einatomiges Gas. Der Einfluß des Elektronendrehimpulses	142
§ 47. Zweiatomiges Gas mit Molekülen aus verschiedenartigen Atomen. Die Rotation der Moleküle	144
§ 48. Zweiatomiges Gas mit Molekülen aus gleichartigen Atomen. Die Rotation der Moleküle	148
§ 49. Zweiatomiges Gas. Die Atomschwingungen.	151
§ 50. Zweiatomiges Gas. Der Einfluß des Elektronendrehimpulses	154
§ 51. Vielatomiges Gas	155
Kapitel V. Die FERMI- und BOSE-Verteilungen	160
§ 52. FERMI-Verteilung	160
§ 53. BOSE-Verteilung.	161
§ 54. FERMI- und BOSE-Gase, welche sich nicht im Gleichgewicht be- finden	162
§ 55. FERMI- und BOSE-Gase von Elementarteilchen	164
§ 56. Entartetes Elektronengas.	168
§ 57. Die spezifische Wärme des entarteten Elektronengases	171
§ 58. Relativistisches entartetes Elektronengas.	173
§ 59. Entartetes BOSE-Gas.	176
§ 60. Die Wärmestrahlung.	179
Kapitel VI. Kondensierte Körper	187
§ 61. Festkörper. Tiefe Temperaturen	187
§ 62. Festkörper. Hohe Temperaturen	191
§ 63. Interpolationsformel von DEBYE	194
§ 64. Wärmeausdehnung fester Körper	198
§ 65. Phononen	200
§ 66. Quantenflüssigkeit. Spektrum vom BOSE-Typ.	207
§ 67. Superfluidität.	210
§ 68. Quantenflüssigkeit. Spektrum vom FERMI-Typ	216

§ 69. Das Elektronenspektrum der Metalle	223
§ 70. Das Elektronenspektrum fester Dielektrika	230
§ 71. Negative Temperaturen	232
Kapitel VII. Reale Gase	235
§ 72. Abweichung des Verhaltens der Gase vom Idealtyp	235
§ 73. Entwicklung nach Potenzen der Dichte	240
§ 74. VAN DER WAALS-Gleichung	242
§ 75. Vollständig ionisiertes Gas	246
§ 76. Methode der Korrelationsfunktionen	250
§ 77. Quantenmechanische Berechnung der Virialkoeffizienten	252
§ 78. Entartetes „fastideales“ BOSE-Gas	256
§ 79. Entartetes „fastideales“ FERMI-Gas mit Abstoßung zwischen den Teilchen	263
§ 80. Entartetes „fastideales“ FERMI-Gas mit Anziehung zwischen den Teilchen	269
Kapitel VIII. Phasengleichgewicht	280
§ 81. Bedingungen für das Phasengleichgewicht	280
§ 82. Formel von CLAUDIUS-CLAPEYRON	284
§ 83. Der kritische Punkt	286
§ 84. Eigenschaften der Materie in der Nähe des kritischen Punktes	289
§ 85. Gesetz der korrespondierenden Zustände	294
Kapitel IX. Lösungen	297
§ 86. Systeme mit verschiedenartigen Teilchen	297
§ 87. Phasenregel	298
§ 88. Verdünnte Lösungen	300
§ 89. Osmotischer Druck	301
§ 90. Berührung von Phasen des Lösungsmittels	303
§ 91. Gleichgewicht in bezug auf den gelösten Stoff	306
§ 92. Wärmeabgabe und Volumenänderung bei einem Lösungsprozeß	308
§ 93. Der gegenseitige Einfluß der gelösten Stoffe	311
§ 94. Lösungen starker Elektrolyte	312
§ 95. Gemisch idealer Gase	315
§ 96. Isotopengemische	317
§ 97. Dampfdruck über konzentrierten Lösungen	320
§ 98. Thermodynamische Ungleichungen in Lösungen	322
§ 99. Grenzkurven	326
§ 100. Beispiele für Zustandsdiagramme	332
§ 101. Das Überschneiden besonderer Kurven der Gleichgewichtsfläche	337
§ 102. Gas und Flüssigkeit	338
Kapitel X. Chemische Reaktionen	342
§ 103. Bedingung für das chemische Gleichgewicht	342
§ 104. Massenwirkungsgesetz	343
§ 105. Reaktionswärme	346
§ 106. Ionisationsgleichgewicht	349
§ 107. Gleichgewicht in bezug auf Paarbildung	351

Kapitel XI. Eigenschaften der Materie bei sehr hohen Dichten	354
§ 108. Zustandsgleichung der Materie bei hohen Dichten	357
§ 109. Gleichgewicht von Körpern mit großer Masse	354
§ 110. Energie eines gravitierenden Körpers	364
§ 111. Gleichgewicht einer „Neutronenkugel“	367
 Kapitel XII. Fluktuationen	 372
§ 112. GAUSS-Verteilung	372
§ 113. GAUSS-Verteilung für mehrere Größen	375
§ 114. Fluktuationen der thermodynamischen Grundgrößen	378
§ 115. Fluktuationen im idealen Gas	385
§ 116. Die POISSON-Formel	387
§ 117. Fluktuationen in Lösungen	389
§ 118. Korrelation von Fluktuationen	391
§ 119. Fluktuationen am kritischen Punkt	394
§ 120. Korrelationen von Fluktuationen im idealen Gas	397
§ 121. Korrelationen von zeitlichen Fluktuationen	402
§ 122. Symmetrie der kinetischen Koeffizienten	407
§ 123. Dissipationsfunktion	412
§ 124. Zeitliche Korrelation von Fluktuationen mehrerer Größen	415
§ 125. Die verallgemeinerte Suszeptibilität	419
§ 126. Nichtthermodynamische Fluktuationen einer Größe	426
§ 127. Nichtthermodynamische Fluktuationen mehrerer Größen	431
 Kapitel XIII. Kristallsymmetrie	 437
§ 128. Symmetrie der Lage der Teilchen im Körper	437
§ 129. Symmetrie der Orientierung der Moleküle	440
§ 130. Symmetrieelemente des Kristallgitters	441
§ 131. BRAVAIS-Gitter	443
§ 132. Kristallsysteme	445
§ 133. Die Kristallklassen	449
§ 134. Die Raumgruppen	452
§ 135. Das reziproke Gitter	453
§ 136. Irreduzible Darstellungen der Raumgruppen	456
 Kapitel XIV. Phasenübergänge zweiter Art	 462
§ 137. Phasenübergänge zweiter Art	462
§ 138. Der Sprung der spezifischen Wärme	467
§ 139. Symmetrieänderung bei einem Phasenübergang zweiter Art	472
§ 140. Isolierte und kritische Punkte des stetigen Übergangs	485
§ 141. Phasenübergang zweiter Art in einem zweidimensionalen Gitter	487
 Kapitel XV. Oberflächen	 496
§ 142. Oberflächenspannung	496
§ 143. Oberflächenspannung von Kristallen	499
§ 144. Oberflächendruck	502

§ 145. Oberflächenspannung von Lösungen	504
§ 146. Oberflächenspannung von Lösungen starker Elektrolyte	505
§ 147. Adsorption	507
§ 148. Benetzung	509
§ 149. Der Randwinkel.	512
§ 150. Keimbildung bei Phasenübergängen	514
§ 151. Fluktuationen der Biegung langer Moleküle.	518
§ 152. Unmöglichkeit der Existenz von Phasen in eindimensionalen Systemen.	522
Sachverzeichnis	523