

Otfried Madelung

# **Festkörpertheorie II**

**Wechselwirkungen**

Mit 53 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo Hong Kong

# Inhaltsverzeichnis

## VIII Elektron-Phonon-Wechselwirkung: Transportphänomene

A. Wechselwirkungsprozesse . . . . .	1
48. Einführung . . . . .	1
49. Wechselwirkung von Elektronen mit akustischen Phononen . . . . .	3
50. Elektron-Phonon-Wechselwirkung in polaren Festkörpern, Polaronen . . . . .	9
B. Die Boltzmann-Gleichung . . . . .	15
51. Einführung . . . . .	15
52. Die Boltzmann-Gleichungen für das Elektronensystem und das Phononensystem . . . . .	16
53. Die Relaxationszeit-Näherung . . . . .	21
54. Das Variationsverfahren . . . . .	24
C. Formale Transporttheorie . . . . .	26
55. Einführung . . . . .	26
56. Die Transportgleichungen . . . . .	26
57. Die Transportkoeffizienten (ohne Magnetfeld) . . . . .	30
58. Die Transportkoeffizienten (mit Magnetfeld) . . . . .	34
D. Transportphänomene . . . . .	38
59. Einführung . . . . .	38
60. Die elektrische Leitfähigkeit . . . . .	38
61. Transportkoeffizienten in Relaxationszeit-Näherung . . . . .	47
62. Gültigkeitsgrenzen und Erweiterungsmöglichkeiten der benutzten Näherungen . . . . .	51

## IX Wechselwirkung mit Photonen: Optik

A. Grundlagen . . . . .	57
63. Einführung . . . . .	57
64. Photonen . . . . .	58
65. Polaritonen . . . . .	59
66. Die komplexe Dielektrizitätskonstante . . . . .	65

B. Elektron-Photon-Wechselwirkung . . . . .	68
67. Einführung . . . . .	68
68. Direkte Übergänge . . . . .	71
69. Indirekte Übergänge . . . . .	76
70. Zwei-Photonen-Absorption . . . . .	81
71. Exziton-Absorption . . . . .	83
72. Vergleich mit experimentellen Absorptions- und Reflexionsspektren . . . . .	87
73. Absorption freier Ladungsträger . . . . .	95
74. Absorption und Reflexion im Magnetfeld . . . . .	98
75. Magnetoptik freier Ladungsträger . . . . .	103
C. Photon-Phonon-Wechselwirkung . . . . .	109
76. Einführung . . . . .	109
77. Ein-Phonon-Absorption . . . . .	111
78. Multi-Phonon-Absorption . . . . .	116
79. Raman- und Brillouin-Streuung . . . . .	119

#### **X Elektron-Elektron-Wechselwirkung durch Austausch virtueller Phononen: Supraleitung**

80. Einführung . . . . .	123
81. Die effektive Elektron-Elektron-Wechselwirkung . . . .	124
82. Cooper-Paare . . . . .	127
83. Der Grundzustand des supraleitenden Elektronengases . .	130
84. Angeregte Zustände . . . . .	135
85. Vergleich mit dem Experiment . . . . .	138
86. Der Meissner-Ochsenfeld-Effekt . . . . .	144
87. Weitere theoretische Ansätze . . . . .	149

#### **XI Phonon-Phonon-Wechselwirkung: Thermische Ausdehnung und Gitterwärmeleitung**

88. Einführung . . . . .	151
89. Frequenzverschiebung und Lebensdauer von Phononen . .	152
90. Die anharmonischen Beiträge zur freien Energie, thermische Ausdehnung . . . . .	157
91. Gitterwärmeleitung . . . . .	159

#### **Anhang B: Gruppentheoretische Methoden in der Festkörperphysik**

1. Grundbegriffe der Theorie endlicher Gruppen . . . . .	165
2. Darstellungen . . . . .	167
3. Charaktere . . . . .	169

4. Gruppentheoretische Diskussion der Lösungen der Schrödinger-Gleichung . . . . .	172
5. Symmetrieeigenschaften der Bandstruktur im kubisch-primitiven Gitter . . . . .	177
6. Bandstruktur „freier Elektronen“ in einem kubisch-primitiven Kristall . . . . .	182
7. Berücksichtigung des Spins, Doppelgruppen . . . . .	184
8. Gitterschwingungen . . . . .	186
9. Festkörperoptik . . . . .	188
 Liste der verwendeten Symbole . . . . .	 189
Literaturverzeichnis . . . . .	193
Sachverzeichnis . . . . .	199