

Heidelberger Taschenbücher Band 109



Otfried Madelung

Festkörpertheorie II

Wechselwirkungen

Mit 53 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1972

Prof. Dr. Otfried Madelung
Fachbereich Physik
der Universität Marburg/Lahn

ISBN: 978-3-540-05866-3 e-ISBN-13: 978-3-642-65413-8
DOI: 10.1007/978-3-642-65413-8

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© by Springer-Verlag Berlin · Heidelberg 1972

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Herstellung: Zehnersche Buchdruckerei, Speyer.

Vorwort

Der Besprechung der in einem Festkörper definierbaren elementaren Anregungen im ersten Band folgt nun eine Diskussion der möglichen Wechselwirkungen zwischen diesen Anregungen. Die drei wichtigsten Gruppen von Wechselwirkungen eröffnen den Zugang zu drei großen Teilgebieten der Festkörperphysik: Transport, Optik, Supraleitung. Eine Vollständigkeit in der Behandlung aller möglichen Phänomene und theoretischen Modelle wurde nicht angestrebt. Eine Beschränkung des behandelten Stoffes liegt auch darin, daß nur der unendlich ausgedehnte, störungsfreie Festkörper betrachtet wird. Allen mit Gitterstörungen, Grenzflächen und ungeordneten Phasen verbundenen Erscheinungen ist der abschließende dritte Band gewidmet.

Der Nutzen gruppentheoretischer Betrachtungen wurde schon im ersten Band an zahlreichen Stellen deutlich. Symmetrieuntersuchungen liefern qualitative Aussagen über die Eigenschaften elementarer Anregungen und erleichtern quantitative Berechnungen wesentlich. Der Anhang B enthält deshalb eine kurze Einführung in die gruppentheoretischen Hilfsmittel der Festkörpertheorie und Beispiele zu ihrer Anwendung.

Meine Mitarbeiter Prof. Dr. U. Rössler und Dr. K. Maschke haben wieder das gesamte Manuskript vor der Drucklegung gelesen und mir mit vielen Ratschlägen geholfen. Für die schnelle und reibungslose Herstellung des Bandes bin ich dem Springer-Verlag, besonders FrI. M. Schröder dankbar.

Marburg/Lahn, im Juli 1972

Otfried Madelung

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