

Quantentheorie der Festkörper

von CHARLES KITTEL

Professor of Physics at the University
of California, Berkeley

Member of the U.S. National Academy
of Sciences

Mit 85 Abbildungen und 114 Aufgaben

R. OLDENBOURG · MÜNCHEN · WIEN 1970



Inhalt

Vorwort zur deutschen Ausgabe	11
1. Mathematische Einführung	13
Reziprokes Gitter	13
Fourier-Gitterreihe	15
Zusammenstellung von Gleichungen der Quantenmechanik	17
Allgemeine zeitabhängige Störungstheorie	18
Aufgaben	22
2. Akustische Phononen	23
Elastische Kette	24
Quantentheorie des elastischen Fadens	29
Quantisierung des Feldes	31
Langwellige akustische Schwingungen	
Phononen in isotropen Kristallen	32
Phononen in einem kondensierten Bose-Gas	35
Zweiter Schall in Kristallen	40
Frequenzverteilung für Phononen	42
Aufgaben	44
3. Plasmonen, optische Phononen und Polarisationswellen	46
Plasmonen	47
Langwellige optische Phononen in isotropen Kristallen	50
Wechselwirkung optischer Phononen mit Photonen	54
Quantentheorie eines klassischen Dielektrikums	56
Wechselwirkung von Magnetisierung und elektromagnetischem Feld	59
Aufgaben	60

4. Magnonen	61
Ferromagnetische Magnonen	61
Holstein-Primakoff-Transformation	62
Hamilton-Operator in Spinwellen-Variablen	64
Magnon-Magnon-Wechselwirkung	66
Spezifische Wärme von Magnonen	67
Magnetisierungsumkehr	68
Antiferromagnetische Magnonen	70
Nullpunkt-Energie	73
Untergittermagnetisierung am absoluten Nullpunkt	73
Weitere Behandlung der ferromagnetischen Magnonen	75
Makroskopische Magnonentheorie	75
Anregung von ferromagnetischen Magnonen durch paralleles Pumpen	81
Temperaturabhängigkeit des effektiven Austausches	83
Magnetostatische Schwingungstypen	85
Aufgaben	85
5. Fermionenfelder und die Hartree-Fock-Näherung 87	
Herleitung der Hartree-Fock-Gleichung aus der Bewegungsgleichung des Teilchenfeldes	92
Koopmans Theorem	95
Fermionen-Quasiteilchen	96
Elektronengas in der Hartree- und Hartree-Fock-Näherung	98
Berechnung des Austauschintegrals für das Elektronengas	103
Coulombwechselwirkung und der Formalismus der zweiten Quantisierung	107
Aufgaben	110
6. Vielteilchenmethoden und das Elektronengas	112
Methode des selbstkonsistenten Feldes	114
Untersuchung der dielektrischen Antwortfunktion	120
Dielektrische Abschirmung einer punktförmigen geladenen Verunreinigung	125
Korrelationsenergie - numerische Werte	128
Elektron-Elektron-Lebensdauer	129
Graphische Untersuchung der dielektrischen Antwortfunktion	130
Linked-Cluster-Theorem	138
Aufgaben	140

7. Polaronen und die Elektron-Phonon-Wechselwirkung	143
Die Deformations-Potential-Wechselwirkung	143
Wechselwirkung der Elektronen mit longitudinalen optischen Phononen	150
Elektron-Phonon-Wechselwirkung in Metallen	155
Aufgaben	160
8. Supraleitung	163
Phonon-induzierte indirekte Elektron-Elektron-Wechselwirkung	164
Gebundene Elektronenpaare in einem Fermigas	166
Supraleitender Grundzustand	169
Lösung der BCS-Gleichung - Spin-analoge Methode	171
Lösung der BCS-Gleichung - Bewegungsgleichungsmethode	178
Angeregte Zustände	181
Elektrodynamik der Supraleiter	183
Kohärenzlänge	187
Kohärenzeffekte in Matricelementen	188
Quantisierter magnetischer Fluß in Supraleitern	189
Aufgaben	192
9. Blochfunktionen - allgemeine Eigenschaften.	194
Blochsches Theorem	194
Zeitumkehrsymmetrie	197
$k \cdot p$ - Störungstheorie	201
Beschleunigungstheoreme	205
Wannier-Funktionen	211
Aufgaben	213
10. Brillouinzonen und Kristallsymmetrie	215
Quadratisches Gitter	219
Kompatibilitätsbedingungen	221
Einfach kubisches Gitter	221
Klassifikation der ebenen Wellenzustände im leeren Gitter	224
Kubisch raumzentriertes Gitter	227
Kubisch flächenzentriertes Gitter	228

Hexagonal dichteste Kugelpackung und Diamantgitter . . .	229
Spin-Bahn-Kopplung	231
Phononen	232
Aufgaben	232
11. Bewegung von Elektronen in einem Magnetfeld: de Haas- van Alphen-Effekt und Zyklotron- resonanz	233
Freie Elektronen in einem Magnetfeld	233
De Haas- van Alphen-Effekt	236
Halbklassische Bewegung von Elektronen in einem Magnetfeld	242
Topologische Eigenschaften von Bahnen in einem Magnetfeld	245
Zyklotronresonanz bei sphäroidischen Energieflächen	250
Aufgaben	251
12. Magnetowiderstand	253
Einfluß der offenen Bahnen	260
Transportgleichungen für den Magnetowiderstand	262
Aufgaben	265
13. Berechnung von Energiebändern und Fermiflächen	266
Die Wigner-Seitz-Methode	267
Näherung fast freier Elektronen - verallgemeinerte OPW-Methode	272
Konstruktion von Fermiflächen	274
Theoretische Begründung des Modells fast freier Elektronen	279
Aufgaben	284
14. Halbleiter-Kristalle: I. Energiebänder, Zyklotron- Resonanz und Störstellen-Zustände	285
Energiebänder	285
Struktur der Kante des Valenzbandes	288
Zyklotron- und Spinresonanz in Halbleitern, mit Spin-Bahn-Kopplung	296

Störstellen-Zustände und Landau-Niveaus in Halbleitern . . .	303
Landau-Niveaus	307
Aufgaben	310
15. Halbleiter-Kristalle: II. Optische Absorption und Exzitonen	311
Direkte optische Übergänge	311
Indirekte optische Übergänge	312
Oszillierende Magnetoabsorption, Landau-Übergänge . . .	313
Exzitonen	315
Aufgaben	324
16. Elektrodynamik der Metalle	325
Anomaler Skinneffekt	325
Oberflächenimpedanz	326
Zyklotronresonanz in Metallen	332
Dielektrische Anomalie	336
Wellenausbreitung in einem Magnetoplasma	338
Spinresonanz im normalen Skinneffekt	340
Aufgaben	342
17. Schalldämpfung in Metallen	343
Longitudinales Phonon in einem Gas freier Elektronen . .	343
Einfluß von Magnetfeldern auf die Dämpfung	350
Magnetoakustische Resonanz bei offenen Bahnen	351
Phononenverstärkung durch Elektron-Phonon- Wechselwirkung	353
Aufgabe	354
18. Theorie der Legierungen	355
Laue-Theorem	356
Friedel-Summenregel	358
Theorem starrer Bänder	361
Spezifischer elektrischer Widerstand	362
Langreichweitige Oszillationen der Elektronendichte . . .	364
Virtuelle Zustände	366
Lokalisierte magnetische Zustände in Metallen	370
Indirekte Austauschwechselwirkung über Leitungs- elektronen	377
Aufgaben	384

19. Korrelationsfunktionen und Neutronenbeugung	
an Kristallen	385
Bornsche Näherung	385
Neutronenbeugung	387
Kohärente und inkohärente elastische Streuung an	
Atomkernen	389
Inelastische Streuung am Gitter	391
Magnetische Streuung von Neutronen an Elektronen	396
Aufgaben	401
20. Rückstoßfreie Emission	403
Übergangsmatrixelemente	405
Rückstoßfreie Emission in einem Kristall beim	
absoluten Nullpunkt	408
Zeitliche Korrelationen in rückstoßfreien Effekten und	
die Linienform	411
Aufgaben	413
21. Greenfunktionen - Anwendung in der Festkörper-	
physik	415
Fouriertransformation	419
Nichtwechselwirkendes Fermigas	419
Wechselwirkendes Fermigas	421
Spektraldichte und die Lehmandarstellung	422
Dispersionsrelationen	423
Grundzustandsenergie	424
Thermische Mittelwerte	425
Bewegungsgleichung	427
Supraleitung	429
Störungsentwicklung für Greenfunktionen	433
Aufgaben	433
ANHANG: Störungstheorie und das Elektronengas	435
Störungstheorie und das Elektronengas	435
Brückner-Methode	436
Literaturverzeichnis	444
Sachwortverzeichnis	445