

Inhaltsverzeichnis

1	Elektronischer Transport in Festkörpern	1
1.1	Einfache phänomenologische Vorstellungen	1
1.1.1	Das Drude-Modell für die statische Leitfähigkeit von Metallen	1
1.1.2	Drude-Modell für metallische Leitung im Magnetfeld	3
1.1.3	Zwei Ladungsträgersorten, Magnetowiderstand	7
1.1.4	Phänomenologische Theorie der Wärmeleitfähigkeit	8
1.2	Relationen zwischen den Transportkoeffizienten	10
1.3	Boltzmann-Gleichung und Relaxationszeit-Näherung	14
1.4	Widerstand von Metallen durch Streuung an Störstellen	22
1.5	Widerstand von Metallen durch Streuung an Phononen	26
1.6	Widerstand von Metallen durch Elektron-Elektron-Streuung	32
1.7	Streuung an magnetischen Störstellen: der Kondo-Effekt	35
1.8	Temperaturabhängigkeit des Widerstands von Halbleitern	44
1.9	Lineare Response-Theorie	49
1.10	Elektrische Leitfähigkeit in Linearer Response-Theorie, Kubo-Formel	55
1.11	Störstellen-Streuung im Kubo-Formalismus	63
1.12	Landauer-Formel für den Widerstand eindimensionaler Systeme	70
1.13	Weiteres zum Transport in Festkörpern	73
1.14	Aufgaben zu Kap. 1	74
2	Optische (bzw. dielektrische) Eigenschaften von Festkörpern	79
2.1	Makroskopische Beschreibung, frequenzabhängige Dielektrizitätskonstante und Brechungsindex	79
2.2	Einfache mikroskopische Modelle, Drude-und Relaxationszeit-Behandlung	84
2.2.1	Reflexionskoeffizient von Metallen im Drude-Modell	84
2.2.2	Boltzmann-Gleichung in Relaxationszeit-Näherung, anomaler Skin-Effekt	86
2.3	Mikroskopische Theorie der frequenzabhängigen Dielektrizitätskonstanten	91

2.4	Optische Eigenschaften von Halbleitern.....	97
2.4.1	Dipol-Kopplung an das elektromagnetische (optische) Feld .	98
2.4.2	Zweiniveau-Systeme	101
2.4.3	Die Halbleiter-Bloch-Gleichungen	104
2.5	Polaritonen.....	110
2.5.1	Quantisierung des elektromagnetischen Feldes	111
2.5.2	Elektronen in Wechselwirkung mit dem quantisierten Strahlungsfeld	114
2.5.3	Das Exziton-Polariton	116
2.6	Das Jaynes-Cummings-Modell	118
2.7	Aufgaben zu Kap. 2.....	124
3	Abweichungen von der idealen, dreidimensionalen Kristallstruktur ..	129
3.1	Oberflächen.....	131
3.2	Störstellen.....	137
3.3	Ungeordnete Systeme	141
3.3.1	Die Coherent-Potential-Approximation (CPA)	144
3.3.2	Lokalisierung	148
3.4	Inhomogene Halbleitersysteme	151
3.4.1	p-n-Übergang zwischen verschieden dotierten intrinsischen Halbleitern	151
3.4.2	Halbleiter-Heterostrukturen	153
3.5	Realisierung von quasi-zweidimensionalen Elektronensystemen mittels Heterostrukturen	156
3.5.1	Metall-Oxid-Halbleiter-Heterostrukturen, der Feld-Effekt-Transistor („Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor“, MOSFET)	156
3.5.2	Halbleiter-Heterostrukturen	156
3.6	Quantenpunkte	158
3.7	Zweidimensionale Kristalle.....	163
3.8	Aufgaben zu Kap. 3.....	168
4	Festkörper im äußeren Magnetfeld	173
4.1	Ankopplung von Magnetfeldern, Dia- und Paramagnetismus.....	173
4.2	Paramagnetismus lokalisierter magnetischer Momente.....	179
4.3	Pauli-Paramagnetismus von Leitungselektronen	182
4.4	Landau-Diamagnetismus freier Elektronen	184
4.5	Der De-Haas-van-Alphen-Effekt	189
4.6	Der ganzzahlige Quanten-Hall-Effekt.....	194
4.7	Der fraktionale Quanten-Hall-Effekt (FQHE).....	201
4.8	Überblick über weitere im starken Magnetfeld beobachtbare Effekte	204
4.9	Aufgaben zu Kap. 4.....	206
5	Supraleitung	211
5.1	Zusammenstellung der wichtigsten experimentellen Befunde	211
5.2	Attraktive Elektron-Elektron-Wechselwirkung durch den Elektron-Phonon-Mechanismus	217

5.3	Cooper-Paare	222
5.4	BCS-Theorie	226
5.5	Stromtragender Zustand in der BCS-Theorie	237
5.6	Elektrodynamik der Supraleiter, London-Gleichungen	241
5.7	Ginzburg-Landau-Theorie	245
5.8	Tunneleffekte mit Supraleitern	254
5.8.1	Einelektronen-Tunneln	255
5.8.2	Tunneln von Cooper-Paaren, Josephson-Effekt	257
5.9	Überblick über weitergehende Aspekte der Supraleitungs-Theorie ..	261
5.10	Aufgaben zu Kap. 5	267
6	Kollektiver Magnetismus	271
6.1	Magnetische Dipol-Dipol-Wechselwirkung	271
6.2	Die Austausch-Wechselwirkung	273
6.3	Das sd-Modell für die Kopplung lokaler magnetischer Momente an Leitungselektronen	276
6.4	Indirekte Austausch-Wechselwirkung durch Leitungselektronen, RKKY-Wechselwirkung	279
6.5	Das Heisenberg-Modell und verwandte Gitter-Modelle für kollektiven Magnetismus	285
6.6	Molekularfeld-Approximation für das Heisenberg-Modell	288
6.6.1	MFA für das ferromagnetische Heisenberg-Modell	289
6.6.2	MFA für das antiferromagnetische Heisenberg-Modell	296
6.6.3	Vor- und Nachteile der Molekularfeld-Approximation	300
6.7	Anregungen im Heisenberg-Modell, Spinwellen (Magnonen), Holstein-Primakoff-Transformation	301
6.8	Das Mermin-Wagner-Theorem	308
6.9	Ising-Modell, kritische Indizes, Monte-Carlo-Verfahren	312
6.9.1	Ising-Modell	312
6.9.2	Molekularfeld-Näherung	313
6.9.3	Exakte Lösung in einer Dimension	314
6.9.4	Exakte Ergebnisse in zwei Dimensionen	316
6.9.5	Ergebnisse in drei Dimensionen, Monte-Carlo-Verfahren	317
6.10	Band-Magnetismus	322
6.11	Der Riesen-Magnetowiderstands-Effekt	326
6.12	Hubbard-Modell und antiferromagnetisches Heisenberg-Modell	331
6.13	Aufgaben zu Kap. 6	337
7	Lösungen zu den Übungsaufgaben	347
7.1	Lösung der Aufgaben zu Kap. 1	347
7.2	Lösung der Aufgaben zu Kap. 2	358
7.3	Lösung der Aufgaben zu Kap. 3	370
7.4	Lösung der Aufgaben zu Kap. 4	380
7.5	Lösung der Aufgaben zu Kap. 5	388
7.6	Lösung der Aufgaben zu Kap. 6	393

Literaturhinweise	411
Sachverzeichnis	415