

Inhaltverzeichnis

Vorworte — XIII

1 Vorbemerkungen — 1

2 Bindung im Festkörper — 5

- 2.1 Bindungstypen — 5
 - 2.1.1 Bindungsenergie — 7
 - 2.2 Van-der-Waals-Bindung — 9
 - 2.2.1 Lennard-Jones-Potenzial — 10
 - 2.2.2 Bindungsenergie von Edelgaskristallen — 11
 - 2.3 Ionenbindung — 13
 - 2.3.1 Bestimmung der Bindungsenergie — 13
 - 2.3.2 Madelung-Energie — 15
 - 2.4 Kovalente Bindung — 18
 - 2.4.1 H_2^+ -Molekülion — 18
 - 2.4.2 Wasserstoffmolekül — 22
 - 2.4.3 Typen kovalenter Bindung — 24
 - 2.5 Metallische Bindung — 27
 - 2.6 Wasserstoffbrückenbindung — 31
 - 2.7 Aufgaben — 33

3 Struktur der Festkörper — 35

- 3.1 Herstellung kristalliner und amorpher Festkörper — 35
 - 3.1.1 Zucht von Einkristallen — 35
 - 3.1.2 Herstellung von Legierungen — 38
 - 3.1.3 Glasherstellung — 44
- 3.2 Ordnung und Unordnung — 46
- 3.3 Struktur der Kristalle — 51
 - 3.3.1 Translationsgitter und Kristallsysteme — 51
 - 3.3.2 Cluster und Quasikristalle — 58
 - 3.3.3 Notation und Einfluss der Basis — 60
 - 3.3.4 Einfache Kristallgitter — 64
 - 3.3.5 Wigner-Seitz-Zelle — 71
 - 3.3.6 Nanoröhren — 72
 - 3.3.7 Festkörperoberflächen — 73
- 3.4 Struktur amorpher Festkörper — 75
 - 3.4.1 Paarverteilungsfunktion — 76
- 3.5 Aufgaben — 79

4	Strukturbestimmung — 83
4.1	Allgemeine Anmerkungen — 83
4.2	Beugungsexperimente — 86
4.2.1	Streuamplitude — 86
4.3	Fourier-Entwicklung von Punktgittern — 88
4.3.1	Reziprokes Gitter — 89
4.3.2	Brillouin-Zone — 91
4.3.3	Millersche Indizes — 94
4.4	Experimentelle Bestimmung der Kristallstruktur — 97
4.4.1	Ewald-Kugel und Bragg-Bedingung — 99
4.4.2	Strukturfaktor — 101
4.4.3	Atom-Strukturfaktor — 105
4.4.4	Oberflächen und dünne Schichten — 108
4.4.5	Phasenproblem und Reflexbreite — 109
4.5	Streuexperimente an amorphen Festkörpern — 111
4.6	Experimentelle Methoden — 116
4.6.1	Messverfahren — 118
4.6.2	Messungen an Oberflächen und dünnen Filmen — 122
4.7	Aufgaben — 126
5	Strukturelle Defekte — 129
5.1	Punktdefekte — 129
5.1.1	Leerstellen — 130
5.1.2	Farbzentren — 134
5.1.3	Zwischengitteratome — 137
5.1.4	Fremdatome — 138
5.1.5	Atomarer Transport — 139
5.2	Ausgedehnte Defekte — 145
5.2.1	Mechanische Festigkeit — 145
5.2.2	Versetzungen — 148
5.2.3	Korngrenzen — 156
5.3	Defekte in amorphen Festkörpern — 158
5.4	Ordnungs-Unordnungs-Übergang — 161
5.5	Aufgaben — 165
6	Gitterdynamik — 167
6.1	Elastische Eigenschaften — 167
6.1.1	Spannung und Verformung — 168
6.1.2	Elastische Konstanten — 170
6.1.3	Schallausbreitung — 173
6.2	Gitterschwingungen — 178
6.2.1	Gitter mit einatomiger Basis — 179

- 6.2.2 Gitter mit mehratomiger Basis — 184
- 6.2.3 Bewegungsgleichung — 189
- 6.3 Experimentelle Bestimmung von Dispersionskurven — 191
- 6.3.1 Dynamische Streuung, Phononen — 191
- 6.3.2 Kohärente inelastische Neutronenstreuung — 195
- 6.3.3 Debye-Waller-Faktor — 197
- 6.3.4 Experimentell ermittelte Dispersionskurven — 200
- 6.3.5 Lichtstreuung — 203
- 6.4 Spezifische Wärmekapazität — 208
- 6.4.1 Zustandsdichte der Phononen — 209
- 6.4.2 Spezifische Wärme in der Debye-Näherung — 215
- 6.4.3 Spezifische Wärme niederdimensionaler Systeme — 221
- 6.4.4 Nullpunktsenergie, Phononenzahl — 222
- 6.5 Schwingungen in amorphen Festkörpern — 223
- 6.5.1 Wärmekapazität von Gläsern — 226
- 6.6 Aufgaben — 230

- 7 Anharmonische Gittereigenschaften — 233**
- 7.1 Zustandsgleichung und thermische Ausdehnung — 233
- 7.2 Phononenstöße — 239
- 7.2.1 Drei-Phononen-Prozess — 239
- 7.2.2 Ultraschallabsorption in Kristallen — 240
- 7.2.3 Spontaner Phononenzerfall — 245
- 7.2.4 Ultraschallabsorption in amorphen Festkörpern — 246
- 7.3 Wärmetransport in dielektrischen Kristallen — 249
- 7.3.1 Ballistische Ausbreitung von Phononen — 250
- 7.3.2 Wärmeleitfähigkeit — 251
- 7.3.3 Phononenstöße — 253
- 7.3.4 Einfluss von Defekten — 256
- 7.3.5 Wärmetransport in eindimensionalen Proben — 258
- 7.4 Wärmeleitfähigkeit amorpher Festkörper — 261
- 7.5 Aufgaben — 263

- 8 Elektronen im Festkörper — 265**
- 8.1 Freies Elektronengas — 265
- 8.1.1 Zustandsdichte — 267
- 8.1.2 Fermi-Energie — 272
- 8.2 Spezifische Wärme — 276
- 8.3 Kollektive Phänomene im Elektronengas — 279
- 8.3.1 Abgeschirmtes Coulomb-Potenzial — 280
- 8.3.2 Metall-Isolator-Übergang — 282
- 8.4 Elektronen im periodischen Potenzial — 284

- 8.4.1 Bloch-Funktion — **285**
- 8.4.2 Quasi-freie Elektronen — **288**
- 8.4.3 Stark gebundene Elektronen — **296**
- 8.5 Energiebänder — **302**
- 8.5.1 Metalle und Isolatoren — **302**
- 8.5.2 Brillouin-Zonen und Fermi-Flächen — **303**
- 8.5.3 Zustandsdichte — **308**
- 8.5.4 Graphen und Nanoröhren — **310**
- 8.6 Aufgaben — **316**

- 9 Elektronische Transporteigenschaften — 319**
- 9.1 Bewegungsgleichung und effektive Masse — **319**
- 9.1.1 Elektronen als Wellenpakete — **319**
- 9.1.2 Elektronenbewegung in Bändern — **324**
- 9.1.3 Elektronen und Löcher — **326**
- 9.2 Transporteigenschaften — **328**
- 9.2.1 Sommerfeld-Theorie — **329**
- 9.2.2 Boltzmann-Gleichung — **331**
- 9.2.3 Elektrischer Ladungstransport — **333**
- 9.2.4 Streuung von Leitungselektronen — **335**
- 9.2.5 Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit — **339**
- 9.2.6 Eindimensionale Leiter — **344**
- 9.2.7 Luttinger-Flüssigkeit — **347**
- 9.2.8 Quantenpunkte — **351**
- 9.2.9 Wärmetransport in Metallen — **354**
- 9.2.10 Fermi-Funktion im stationären Gleichgewicht — **357**
- 9.3 Elektronen im Magnetfeld — **359**
- 9.3.1 Zyklotronresonanz — **360**
- 9.3.2 Landau-Niveaus — **365**
- 9.3.3 Zustandsdichte im Magnetfeld — **369**
- 9.3.4 De-Haas-van-Alphén-Effekt — **372**
- 9.3.5 Hall-Effekt — **375**
- 9.3.6 Quanten-Hall-Effekt — **379**
- 9.3.7 Quanten-Hall-Effekt in Graphen — **386**
- 9.4 Aufgaben — **387**

- 10 Halbleiter — 391**
- 10.1 Intrinsische kristalline Halbleiter — **392**
- 10.1.1 Bandstruktur, Bandlücke und optische Absorption — **392**
- 10.1.2 Effektive Masse von Elektronen und Löchern — **396**
- 10.1.3 Ladungsträgerdichte — **399**
- 10.2 Dotierte kristalline Halbleiter — **403**

- 10.2.1 Dotierung — **403**
- 10.2.2 Ladungsträgerdichte und Fermi-Niveau — **408**
- 10.2.3 Beweglichkeit und elektrische Leitfähigkeit — **414**
- 10.3 Amorphe Halbleiter — **417**
- 10.3.1 Elektrische Leitfähigkeit — **419**
- 10.3.2 Defektzustände — **422**
- 10.4 Inhomogene Halbleiter — **427**
- 10.4.1 p-n-Übergang — **427**
- 10.4.2 Metall/Halbleiter-Kontakt — **435**
- 10.4.3 Halbleiter-Heterostrukturen und Übergitter — **437**
- 10.5 Bauelemente — **441**
- 10.5.1 Technische Anwendung des p-n-Übergangs — **442**
- 10.5.2 Transistoren — **446**
- 10.5.3 Halbleiterlaser — **450**
- 10.6 Aufgaben — **452**

- 11 Supraleitung — 455**
- 11.1 Phänomenologische Beschreibung — **455**
- 11.1.1 Meißner-Ochsenfeld-Effekt — **457**
- 11.1.2 London-Gleichungen — **462**
- 11.1.3 Thermodynamische Eigenschaften — **467**
- 11.2 Mikroskopische Beschreibung — **471**
- 11.2.1 Cooper-Paare — **471**
- 11.2.2 BCS-Theorie — **477**
- 11.2.3 Nachweis der Energielücke — **483**
- 11.2.4 Stromdurchgang durch Grenzflächen — **488**
- 11.2.5 Kritischer Strom und kritisches Magnetfeld — **489**
- 11.3 Makroskopische Wellenfunktion — **492**
- 11.3.1 Flussquantisierung — **492**
- 11.3.2 Josephson-Effekt — **495**
- 11.4 Ginzburg-Landau-Theorie und Supraleiter 2. Art — **500**
- 11.4.1 Ginzburg-Landau-Theorie — **500**
- 11.4.2 Supraleiter 2. Art und Grenzflächenenergie — **503**
- 11.5 Unkonventionelle Supraleiter — **508**
- 11.5.1 Hochtemperatur-Supraleiter — **509**
- 11.5.2 Schwere-Fermionen-Systeme — **515**
- 11.5.3 Technische Anwendung der Supraleitung — **517**
- 11.6 Aufgaben — **518**

12	Magnetismus — 521
12.1	Generelle Bemerkungen zu magnetischen Größen — 521
12.2	Dia- und Paramagnetismus — 522
12.2.1	Diamagnetismus — 522
12.2.2	Paramagnetismus — 524
12.3	Ferromagnetismus — 532
12.3.1	Molekularfeldnäherung — 533
12.3.2	Austauschwechselwirkung — 537
12.3.3	Band-Ferromagnetismus — 542
12.3.4	Spinwellen - Magnonen — 545
12.3.5	Temperaturabhängigkeit der Magnetisierung — 548
12.3.6	Ferromagnetische Domänen — 550
12.4	Ferri- und Antiferromagnetismus — 551
12.4.1	Ferrimagnetismus — 551
12.4.2	Antiferromagnetismus — 552
12.4.3	Riesen-Magnetowiderstand — 556
12.5	Spingläser — 560
12.6	Aufgaben — 564
13	Dielektrische und optische Eigenschaften — 567
13.1	Dielektrische Suszeptibilität, optische Messgrößen — 567
13.2	Lokales elektrisches Feld — 570
13.3	Elektrische Polarisierung — 573
13.3.1	Elektronische Polarisierbarkeit — 574
13.3.2	Ionenpolarisierung — 578
13.3.3	Optische Phononen in Ionenkristallen — 579
13.3.4	Dielektrische Funktion der Ionenkristalle — 581
13.3.5	Phonon-Polaritonen — 583
13.3.6	Orientierungspolarisierung — 588
13.3.7	Ferroelektrizität — 596
13.3.8	Exzitonen — 600
13.4	Optische Eigenschaften freier Ladungsträger — 603
13.4.1	Elektromagnetischer Wellen in Metallen — 605
13.4.2	Plasmonen — 608
13.5	Aufgaben — 613
	Stichwortverzeichnis — 615