

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 Edeltgaskristallen — 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 ⁺ -Molekulation — 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	Versetzen — 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	Ionenpolarisation — 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	Orientierungspolarisation — 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
--	-----------------------------------