

Inhaltsverzeichnis

Vorworte	XI
1 Vorbemerkungen	1
2 Bindung im Festkörper	5
2.1 Bindungstypen	6
2.1.1 Bindungsenergie	8
2.2 Van-der-Waals-Bindung	10
2.2.1 Lennard-Jones-Potenzial	11
2.2.2 Bindungsenergie von Edeltgaskristallen	12
2.3 Ionenbindung	14
2.3.1 Bestimmung der Bindungsenergie	14
2.3.2 Madelung-Energie	16
2.4 Kovalente Bindung	19
2.4.1 H_2^+ -MolekÜlion	20
2.4.2 Wasserstoffmolekül	24
2.4.3 Typen kovalenter Bindung	25
2.5 Metallische Bindung	29
2.6 Wasserstoffbrückenbindung	33
2.7 Aufgaben	34
3 Struktur der Festkörper	37
3.1 Herstellung kristalliner und amorpher Festkörper	38
3.1.1 Zucht von Einkristallen	38
3.1.2 Herstellung von Legierungen	40
3.1.3 Glasherstellung	47
3.2 Ordnung und Unordnung	49
3.3 Struktur der Kristalle	53
3.3.1 Translationsgitter und Kristallsysteme	54
3.3.2 Cluster und Quasikristalle	61
3.3.3 Notation und Einfluss der Basis	63
3.3.4 Einfache Kristallgitter	67
3.3.5 Wigner-Seitz-Zelle	74
3.3.6 Nanoröhren	75

3.3.7 Festkörperoberflächen	76
3.4 Struktur amorpher Festkörper	78
3.4.1 Paarverteilungsfunktion	79
3.5 Aufgaben	82
4 Strukturbestimmung	85
4.1 Allgemeine Anmerkungen	86
4.2 Beugungsexperimente	89
4.2.1 Streuamplitude	89
4.3 Fourier-Entwicklung von Punktgittern	91
4.3.1 Reziprokes Gitter	92
4.3.2 Brillouin-Zone	95
4.3.3 Millersche Indizes	97
4.4 Experimentelle Bestimmung der Kristallstruktur	101
4.4.1 Ewald-Kugel und Bragg-Bedingung	103
4.4.2 Strukturfaktor	105
4.4.3 Atom-Strukturfaktor	109
4.4.4 Oberflächen und dünne Schichten	112
4.4.5 Phasenproblem und Reflexbreite	113
4.5 Streuexperimente an amorphen Festkörpern	115
4.6 Experimentelle Methoden	120
4.6.1 Messverfahren	123
4.6.2 Messungen an Oberflächen und dünnen Filmen	126
4.7 Aufgaben	130
5 Strukturelle Defekte	133
5.1 Punktdefekte	134
5.1.1 Leerstellen	135
5.1.2 Farbzentren	139
5.1.3 Zwischengitteratome	142
5.1.4 Fremdatome	143
5.1.5 Atomarer Transport	144
5.2 Ausgedehnte Defekte	150
5.2.1 Mechanische Festigkeit	150
5.2.2 Versetzungen	154
5.2.3 Korngrenzen	161
5.3 Defekte in amorphen Festkörpern	163
5.4 Ordnungs-Unordnungs-Übergang	166
5.5 Aufgaben	170

6 Gitterdynamik	173
6.1 Elastische Eigenschaften	174
6.1.1 Spannung und Verformung	175
6.1.2 Elastische Konstanten	177
6.1.3 Schallausbreitung	180
6.2 Gitterschwingungen	186
6.2.1 Gitter mit einatomiger Basis	187
6.2.2 Gitter mit mehratomiger Basis	192
6.2.3 Bewegungsgleichung	197
6.3 Experimentelle Bestimmung von Dispersionskurven	200
6.3.1 Dynamische Streuung, Phononen	200
6.3.2 Kohärente inelastische Neutronenstreuung	205
6.3.3 Debye-Waller-Faktor	207
6.3.4 Experimentell ermittelte Dispersionskurven	210
6.3.5 Lichtstreuung	213
6.4 Spezifische Wärmekapazität	218
6.4.1 Zustandsdichte der Phononen	219
6.4.2 Spezifische Wärme in der Debye-Näherung	226
6.4.3 Spezifische Wärme niederdimensionaler Systeme	232
6.4.4 Nullpunktsenergie, Phononenzahl	233
6.5 Schwingungen in amorphen Festkörpern	234
6.5.1 Wärmekapazität von Gläsern	237
6.6 Aufgaben	242
7 Anharmonische Gittereigenschaften	245
7.1 Zustandsgleichung und thermische Ausdehnung	246
7.2 Phononenstöße	252
7.2.1 Drei-Phononen-Prozess	252
7.2.2 Ultraschallabsorption in Kristallen	253
7.2.3 Spontaner Phononenzerfall	258
7.2.4 Ultraschallabsorption in amorphen Festkörpern	259
7.3 Wärmetransport in dielektrischen Kristallen	263
7.3.1 Ballistische Ausbreitung von Phononen	264
7.3.2 Wärmeleitfähigkeit	265
7.3.3 Phononenstöße	267
7.3.4 Einfluss von Defekten	270
7.3.5 Wärmetransport in eindimensionalen Proben	272
7.4 Wärmeleitfähigkeit amorpher Festkörper	275
7.5 Aufgaben	278

8	Elektronen im Festkörper	279
8.1	Freies Elektronengas	280
8.1.1	Zustandsdichte	282
8.1.2	Fermi-Energie	288
8.2	Spezifische Wärme	291
8.3	Kollektive Phänomene im Elektronengas	295
8.3.1	Abgeschirmtes Coulomb-Potenzial	296
8.3.2	Metall-Isolator-Übergang	298
8.4	Elektronen im periodischen Potenzial	300
8.4.1	Bloch-Funktion	301
8.4.2	Quasi-freie Elektronen	305
8.4.3	Stark gebundene Elektronen	313
8.5	Energiebänder	320
8.5.1	Metalle und Isolatoren	320
8.5.2	Brillouin-Zonen und Fermi-Flächen	322
8.5.3	Zustandsdichte	326
8.5.4	Graphen und Nanoröhren	328
8.6	Aufgaben	334
9	Elektronische Transporteigenschaften	337
9.1	Bewegungsgleichung und effektive Masse	338
9.1.1	Elektronen als Wellenpakete	338
9.1.2	Elektronenbewegung in Bändern	344
9.1.3	Elektronen und Löcher	346
9.2	Transporteigenschaften	348
9.2.1	Sommerfeld-Theorie	349
9.2.2	Boltzmann-Gleichung	351
9.2.3	Elektrischer Ladungstransport	353
9.2.4	Streuung von Leitungselektronen	355
9.2.5	Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit	360
9.2.6	Eindimensionale Leiter	364
9.2.7	Quantenpunkte	368
9.2.8	Luttinger-Flüssigkeit	372
9.2.9	Wärmetransport in Metallen	375
9.2.10	Fermi-Funktion im stationären Gleichgewicht	378
9.3	Elektronen im Magnetfeld	381
9.3.1	Zyklotronresonanz	381
9.3.2	Landau-Niveaus	386
9.3.3	Zustandsdichte im Magnetfeld	391
9.3.4	De-Haas-van-Alphén-Effekt	394
9.3.5	Hall-Effekt	397

9.3.6	Quanten-Hall-Effekt	401
9.3.7	Quanten-Hall-Effekt in Graphen	409
9.4	Aufgaben	410
10	Halbleiter	413
10.1	Intrinsische kristalline Halbleiter	415
10.1.1	Bandstruktur, Bandlücke und optische Absorption	415
10.1.2	Effektive Masse von Elektronen und Löchern	419
10.1.3	Ladungsträgerdichte	422
10.2	Dotierte kristalline Halbleiter	427
10.2.1	Dotierung	427
10.2.2	Ladungsträgerdichte und Fermi-Niveau	431
10.2.3	Beweglichkeit und elektrische Leitfähigkeit	438
10.3	Amorphe Halbleiter	441
10.3.1	Elektrische Leitfähigkeit	443
10.3.2	Defektzustände	447
10.4	Inhomogene Halbleiter	451
10.4.1	p-n-Übergang	452
10.4.2	Metall/Halbleiter-Kontakt	460
10.4.3	Halbleiter-Heterostrukturen und Übergitter	462
10.5	Bauelemente	467
10.5.1	Technische Anwendung des p-n-Übergangs	468
10.5.2	Transistoren	472
10.5.3	Halbleiterlaser	476
10.6	Aufgaben	478
11	Supraleitung	481
11.1	Phänomenologische Beschreibung	482
11.1.1	Meißner-Ochsenfeld-Effekt, London-Gleichungen	484
11.1.2	Thermodynamische Eigenschaften	493
11.2	Mikroskopische Beschreibung	496
11.2.1	Cooper-Paare	497
11.2.2	BCS-Theorie	503
11.2.3	Nachweis der Energielücke	510
11.2.4	Stromdurchgang durch Grenzflächen	515
11.2.5	Kritischer Strom und kritisches Magnetfeld	516
11.3	Makroskopische Wellenfunktion	519
11.3.1	Flussquantisierung	519
11.3.2	Josephson-Effekt	522
11.4	Ginzburg-Landau-Theorie und Supraleiter 2. Art	528
11.4.1	Ginzburg-Landau-Theorie	528
11.4.2	Supraleiter 2. Art und Grenzflächenenergie	531

11.5 Unkonventionelle Supraleiter	536
11.5.1 Hochtemperatur-Supraleiter	536
11.5.2 Schwere-Fermionen-Systeme	543
11.5.3 Technische Anwendung der Supraleitung	545
11.6 Aufgaben	547
12 Magnetismus	549
12.1 Dia- und Paramagnetismus	551
12.1.1 Diamagnetismus	551
12.1.2 Paramagnetismus	552
12.2 Ferromagnetismus	561
12.2.1 Molekularfeldnäherung	562
12.2.2 Austauschwechselwirkung	566
12.2.3 Band-Ferromagnetismus	571
12.2.4 Spinwellen - Magnonen	575
12.2.5 Temperaturabhängigkeit der Magnetisierung	578
12.2.6 Ferromagnetische Domänen	580
12.3 Ferri- und Antiferromagnetismus	581
12.3.1 Ferrimagnetismus	581
12.3.2 Antiferromagnetismus	582
12.3.3 Riesen-Magnetowiderstand	586
12.4 Spingläser	589
12.5 Aufgaben	594
13 Dielektrische und optische Eigenschaften	595
13.1 Dielektrische Suszeptibilität, optische Messgrößen	596
13.2 Lokales elektrisches Feld	599
13.3 Elektrische Polarisierung	603
13.3.1 Elektronische Polarisierbarkeit	604
13.3.2 Ionenpolarisation	608
13.3.3 Optische Phononen in Ionenkristallen	609
13.3.4 Dielektrische Funktion der Ionenkristalle	611
13.3.5 Phonon-Polaritonen	614
13.3.6 Orientierungspolarisation	618
13.3.7 Ferroelektrizität	627
13.3.8 Exzitonen	632
13.4 Optische Eigenschaften freier Ladungsträger	635
13.4.1 Elektromagnetischer Wellen in Metallen	636
13.4.2 Plasmonen	640
13.5 Aufgaben	645
Index	647