

Harald Ibach Hans Lüth

Festkörperphysik

Einführung in die Grundlagen

Siebte Auflage
mit 277 Abbildungen, 18 Tafeln und 104 Übungen

Inhaltsverzeichnis

1.	Die chemische Bindung in Festkörpern	1
1.1	Das Periodensystem	1
1.2	Kovalente Bindung	4
1.3	Die Ionenbindung	9
1.4	Metallische Bindung	13
1.5	Die Wasserstoffbrückenbindung	14
1.6	Die Van der Waals-Bindung	15
	Übungen	17
2.	Die Struktur von Festkörpern	21
2.1	Translationsgitter	22
2.2	Punktsymmetrien	25
2.3	Die 32 Kristallklassen (Punktgruppen)	27
2.4	Die Bedeutung der Symmetrie	28
2.5	Einfache Kristallstrukturen	31
2.6	Phasendiagramme von Legierungen	36
2.7	Defekte in Festkörpern	46
	Übungen	49
3.	Die Beugung an periodischen Strukturen	51
3.1	Die allgemeine Beugungstheorie	51
3.2	Periodische Strukturen und reziprokes Gitter	57
3.3	Die Streubedingung bei periodischen Strukturen	58
3.4	Die Braggsche Deutung der Beugungsbedingung	60
3.5	Die Brillouinschen Zonen	63
3.6	Der Strukturfaktor	64
3.7	Methoden der Strukturanalyse	67
	Übungen	70
	Tafel I: Beugungsexperimente mit verschiedenen Teilchen	72
	Tafel II: Röntgeninterferometer und Röntgentopographie	77
4.	Dynamik von Atomen in Kristallen	81
4.1	Das Potential	82
4.2	Die Bewegungsgleichungen	83
4.3	Die lineare zweiatomige Kette	85
4.4	Streuung an zeitlich veränderlichen Strukturen – Phononenspektroskopie	89
4.5	Elastisches Verhalten von Kristallen	92
	Übungen	103
	Tafel III: Raman-Spektroskopie	105

5. Thermische Eigenschaften	111
5.1 Die Zustandsdichte	112
5.2 Thermische Energie eines harmonischen Oszillators	115
5.3 Spezifische Wärme	116
5.4 Anharmonische Effekte	119
5.5 Thermische Ausdehnung	120
5.6 Wärmeleitung durch Phononen	123
Übungen	129
Tafel IV: Experimente bei tiefen Temperaturen	130
6. „Freie“ Elektronen im Festkörper	135
6.1 Das freie Elektronengas im Potentialkasten	136
6.2 Das Fermi-Gas bei $T=0$ K	140
6.3 Fermi-Statistik	142
6.4 Spezifische Wärme der Metallelektronen	145
6.5 Elektrostatische Abschirmung in einem Fermi-Gas – Mott-Übergang	149
6.6 Glühemission aus Metallen	152
Übungen	156
7. Elektronische Bänder in Festkörpern	159
7.1 Allgemeine Symmetrieeigenschaften	160
7.2 Näherung des quasifreien Elektrons	163
7.3 Näherung vom „stark gebundenen“ Elektron her	168
7.4 Beispiele von Bandstrukturen	173
7.5 Zustandsdichten	177
7.6 Zustandsdichte nichtkristalliner Festkörper	179
Übungen	183
Tafel V: Photoemissionsspektroskopie	185
8. Magnetismus	189
8.1 Dia- und Paramagnetismus	190
8.2 Austauschwechselwirkung	195
8.3 Austauschwechselwirkung zwischen freien Elektronen	198
8.4 Das Bandmodell für den Ferromagnetismus	200
8.5 Das Temperaturverhalten eines Ferromagneten im Bandmodell	204
8.6 Ferromagnetische Kopplung bei lokalisierten Elektronen	208
8.7 Antiferromagnetismus	210
8.8 Spinwellen	214
8.9 Kristallanisotropie	218
Übungen	225
Tafel VI: Magnetostatische Spinwellen	226
Tafel VII: Magnetismus in Schichtsystemen und GMR-Effekt	230
9. Bewegung von Ladungsträgern und Transportphänomene	235
9.1 Bewegung von Ladungsträgern in Bändern – die effektive Masse	235

9.2	Ströme in Bändern und Defektelektronen	239
9.3	Streuung von Elektronen in Bändern	241
9.4	Boltzmann-Gleichung und Relaxationszeit	245
9.5	Die elektrische Leitfähigkeit von Metallen	250
9.6	Thermoelektrische Effekte	256
9.7	Das Wiedemann-Franz-Gesetz	260
9.8	Elektrische Leitfähigkeit durch lokalisierte Elektronen .	261
9.9	Quantentransport in Nanostrukturen	264
	Übungen	280
	Tafel VIII: Quantenoszillationen und die Topologie von Fermi-Flächen	282
10.	Supraleitung	287
10.1	Einige Grundphänomene der Supraleitung	287
10.2	Phänomenologische Beschreibung durch London-Gleichungen	292
10.3	Instabilität des „Fermi-Sees“ und Cooper-Paare . .	295
10.4	Der BCS-Grundzustand	300
10.5	Das Anregungsspektrum des Supraleiters	309
10.6	Konsequenzen der BCS-Theorie und Vergleich mit experimentellen Befunden	314
10.7	Suprastrom und kritischer Strom	318
10.8	Kohärenz des BCS-Grundzustandes und Meissner-Ochsenfeld-Effekt	322
10.9	Quantisierung des magnetischen Flusses	327
10.10	Supraleiter 2. Art	331
10.11	Neuartige „Hochtemperatur“-Supraleiter	338
	Übungen	347
	Tafel IX: Einelektronen-Tunneln an Supraleitern . .	349
	Tafel X: Cooper-Paar-Tunneln – Josephson-Effekte .	356
11.	Dielektrische Eigenschaften der Materie	361
11.1	Die dielektrische Funktion	361
11.2	Absorption elektromagnetischer Strahlung	364
11.3	Die dielektrische Funktion für harmonische Oszillatoren	367
11.4	Longitudinale und transversale Eigenschwingungen .	370
11.5	Oberflächenwellen eines Dielektrikums	372
11.6	Das Reflexionsvermögen des dielektrischen Halbraums	374
11.7	Das lokale Feld	375
11.8	Polarisationskatastrophe und Ferroelektrika	378
11.9	Das freie Elektronengas	379
11.10	Interband-Übergänge	382
11.11	Exzitonen	389
11.12	Dielektrische Energieverluste von Elektronen	390
	Übungen	394
	Tafel XI: Spektroskopie mit Photonen und Elektronen .	397
	Tafel XII: Infrarot-Spektroskopie	399
	Tafel XIII: Die Methode der frustrierten Totalreflexion .	401

12. Halbleiter	403
12.1 Daten einiger wichtiger Halbleiter	404
12.2 Ladungsträgerdichte im intrinsischen Halbleiter	408
12.3 Dotierung von Halbleitern	412
12.4 Ladungsträgerdichte in dotierten Halbleitern	416
12.5 Leitfähigkeit von Halbleitern	421
12.6 Der <i>p-n</i> -Übergang und der Metall/Halbleiter-Schottky-Kontakt	427
12.7 Halbleiterheterostrukturen und Übergitter	443
12.8 Wichtige Halbleiterbauelemente	456
Übungen	471
Tafel XIV: Hall-Effekt	473
Tafel XV: Zyklotron-Resonanz bei Halbleitern	475
Tafel XVI: Shubnikov-de Haas-Oszillationen und Quanten-Hall-Effekt	477
Tafel XVII: Halbleiterepitaxie	483
Tafel XVIII: Präparation von Nanostrukturen	488
Literaturverzeichnis	493
Sachverzeichnis	505
Periodensystem der Elemente (Vordere Einbandrückseite)	
Konstanten und Äquivalentwerte (Hintere Einbandrückseite)	