
Inhaltsverzeichnis

1	Die Zweite Quantisierung	1
1.1	Identische Teilchen	3
1.2	„Kontinuierliche“ Fock-Darstellung	9
1.3	„Diskrete“ Fock-Darstellung	21
1.4	Aufgaben	28
	Kontrollfragen	33
2	Viel-Teilchen-Modellsysteme	35
2.1	Kristallelektronen	37
2.1.1	Nicht wechselwirkende Bloch-Elektronen	37
2.1.2	Jellium-Modell	42
2.1.3	Hubbard-Modell	53
2.1.4	Aufgaben	57
2.2	Gitterschwingungen	62
2.2.1	Harmonische Näherung	62
2.2.2	Phononengas	66
2.2.3	Aufgaben	72
2.3	Elektron-Phonon-Wechselwirkung	74
2.3.1	Hamilton-Operator	74
2.3.2	Effektive Elektron-Elektron-Wechselwirkung	78
2.3.3	Aufgaben	82

2.4	Spinwellen	85
2.4.1	Klassifikation der magnetischen Festkörper	85
2.4.2	Modellvorstellungen	88
2.4.3	Magnonen	91
2.4.4	Spinwellennäherung	96
2.4.5	Aufgaben	97
	Kontrollfragen	100
3	Green-Funktionen	105
3.1	Vorbereitungen	107
3.1.1	Bilder	107
3.1.2	Linear-Response-Theorie	113
3.1.3	Magnetische Suszeptibilität	117
3.1.4	Elektrische Leitfähigkeit	119
3.1.5	Dielektrizitätsfunktion	121
3.1.6	Spektroskopien, Spektraldichte	124
3.1.7	Aufgaben	129
3.2	Zweizeitige Green-Funktionen	131
3.2.1	Bewegungsgleichungen	131
3.2.2	Spektraldarstellungen	136
3.2.3	Spektraltheorem	140
3.2.4	Exakte Relationen	143
3.2.5	Kramers-Kronig-Relationen	146
3.2.6	Aufgaben	148
3.3	Erste Anwendungen	151
3.3.1	Nicht wechselwirkende Bloch-Elektronen	151
3.3.2	Freie Spinwellen	157
3.3.3	Das Zwei-Spin-Problem	159
3.3.4	Aufgaben	170

3.4	Das Quasiteilchenkonzept	173
3.4.1	Ein-Elektronen-Green-Funktion	174
3.4.2	Elektronische Selbstenergie	176
3.4.3	Quasiteilchen	181
3.4.4	Quasiteilchenzustandsdichte	185
3.4.5	Innere Energie	188
3.4.6	Aufgaben	190
	Kontrollfragen	191
4	Wechselwirkende Teilchensysteme	195
4.1	Festkörperelektronen	197
4.1.1	Der Grenzfall des unendlich schmalen Bandes	197
4.1.2	Hartree-Fock-Näherung	200
4.1.3	Elektronenkorrelationen	205
4.1.4	Interpolationsmethode	209
4.1.5	Momentenmethode	210
4.1.6	Das exakt halbgefüllte Band	219
4.1.7	Aufgaben	223
4.2	Kollektive elektronische Anregungen	227
4.2.1	Ladungsabschirmung (Thomas-Fermi-Näherung)	227
4.2.2	Ladungsdichtewellen, Plasmonen	232
4.2.3	Spindichtewellen, Magnonen	240
4.2.4	Aufgaben	243
4.3	Elementaranregungen in ungeordneten Legierungen	247
4.3.1	Problemstellung	247
4.3.2	Methode des effektiven Mediums	250
4.3.3	Coherent Potential Approximation	252
4.3.4	Diagrammatische Methoden	256
4.3.5	Anwendungen	266

4.4	Spinsysteme	267
4.4.1	Tyablikow-Näherung	267
4.4.2	„Renormierte“ Spinwellen	274
4.4.3	Aufgaben	279
4.5	Elektron-Magnon-Wechselwirkung	280
4.5.1	Magnetische $4f$ -Systeme (s - f -Modell)	281
4.5.2	Das unendlich schmale Band	283
4.5.3	Legierungsanalogie	288
4.5.4	Das magnetische Polaron	289
4.5.5	Aufgaben	299
	Kontrollfragen	300
5	Störungstheorie ($T = 0$)	305
5.1	Kausale Green-Funktion	307
5.1.1	„Konventionelle“ zeitunabhängige Störungstheorie	307
5.1.2	„Adiabatisches Einschalten“ der Wechselwirkung	311
5.1.3	Kausale Green-Funktion	317
5.1.4	Aufgaben	320
5.2	Das Wick'sche Theorem	322
5.2.1	Das Normalprodukt	322
5.2.2	Der Wick'sche Satz	325
5.2.3	Aufgaben	331
5.3	Feynman-Diagramme	331
5.3.1	Störungsentwicklung für die Vakuumamplitude	332
5.3.2	Linked-Cluster-Theorem	341
5.3.3	Hauptsatz von den zusammenhängenden Diagrammen	346
5.3.4	Aufgaben	348
5.4	Ein-Teilchen-Green-Funktion	349
5.4.1	Diagrammatische Störreihe	349

5.4.2	Dyson-Gleichung	356
5.4.3	Aufgaben	360
5.5	Grundzustandsenergie des Elektronengases (Jellium-Modell)	361
5.5.1	Störungstheorie erster Ordnung	361
5.5.2	Störungstheorie zweiter Ordnung	364
5.5.3	Korrelationsenergie	369
5.6	Diagrammatische Partialsummen	380
5.6.1	Polarisationspropagator	380
5.6.2	Effektive Wechselwirkung	387
5.6.3	Vertexfunktion	392
5.6.4	Aufgaben	395
	Kontrollfragen	396
6	Störungstheorie bei endlichen Temperaturen	401
6.1	Matsubara-Methode	403
6.1.1	Matsubara-Funktionen	403
6.1.2	Großkanonische Zustandssumme	409
6.1.3	Ein-Teilchen-Matsubara-Funktion	412
6.1.4	Aufgaben	416
6.2	Diagrammatische Störungstheorie	417
6.2.1	Das Wick'sche Theorem	417
6.2.2	Diagrammanalyse der großkanonischen Zustandssumme	421
6.2.3	Ringdiagramme	428
6.2.4	Ein-Teilchen-Matsubara-Funktion	431
6.2.5	Dyson-Gleichung, Skelett-Diagramme	436
6.2.6	Hartree-Fock-Näherung	440
6.2.7	„Störungstheorie“ zweiter Ordnung	442
6.2.8	Hubbard-Modell	445
6.2.9	Jellium-Modell	446

6.2.10	Imaginärteil der Selbstenergie im Niederenergiebereich	448
6.2.11	Quasiteilchen, Fermi-Flüssigkeit	451
6.2.12	Aufgaben	458
6.3	Mehr-Teilchen-Matsubara-Funktionen	461
6.3.1	Dichtekorrelation	461
6.3.2	Polarisationspropagator	468
6.3.3	Effektive Wechselwirkung	472
6.3.4	Vertexfunktion	476
6.3.5	Transversale Spinsuszeptibilität	480
6.3.6	Aufgaben	483
	Kontrollfragen	484
	Lösungen der Übungsaufgaben	487
	Sachverzeichnis	665