

- grün: wird nicht geprüft
- Rest ist Prüfungsstoff
- Uebungen sind Prüfungsstoff

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	7
I	Nicht-relativistische Quantenmechanik	9
1	Grundlagen	11
1.1	Schrödinger-Gleichung	11
1.2	Drehimpuls	13
1.3	Spin	14
1.4	Symmetrien in der Quantenmechanik	16
1.4.1	Drehgruppe $SO(3)$	17
1.4.2	Permutationsgruppe S_N	19
1.4.3	N identische Teilchen mit Spin $1/2$	23
2	Addition von Drehimpulsen	27
2.1	Zwei Spin $1/2$ Teilchen	27
2.2	Allgemeiner Fall	29
2.3	Atome mit mehreren Elektronen	32
2.4	Herleitung der Clebsch-Gordan-Koeffizienten*	34
2.5	Spin und Bahndrehimpuls des Elektrons*	36
3	Näherungsmethoden	39
3.1	Zeitunabhängige (stationäre) Störungstheorie	40
3.2	Zeitabhängige Störungstheorie	40
3.2.1	Übergangswahrscheinlichkeiten	42
3.2.2	Fermis Goldene Regel	46
3.3	Variationsmethoden	46
3.4	Streutheorie	47
3.4.1	Born-Näherung	51
3.4.2	Partialwellenzerlegung	53
4	Nicht-relativistische Vielteilchensysteme	55
4.1	Zweite Quantisierung	55
4.1.1	Identische Teilchen	55

4.1.2	Der (Anti-) Symmetrisierungsoperator	57
4.1.3	Besetzungszahlbasis	59
4.1.4	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren für Bosonen	60
4.1.5	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren für Fermionen	62
4.1.6	Operatoren in zweiter Quantisierung	64
4.1.7	Feldoperatoren	66
	Bewegungsgleichungen (Feldgleichungen)*	67
4.1.8	Impulsdarstellung	68
4.1.9	Spin	68
4.2	Spin-1/2-Fermionen	70
4.2.1	Nicht-wechselwirkendes Elektronengas	70
	Elementare Anregungen	73
	Dichte und Dichtekorrelation	74
4.2.2	Wechselwirkung in Hartree-Fock Näherung	79
	Änderung der Energieniveaus*	81
4.3	Bosonen	84
4.3.1	Nicht-wechselwirkende Bosonen: Ideales Bose-Gas	84
	Paarverteilungsfunktion	84
	Thermodynamik: Bose-Einstein-Kondensation*	86
4.3.2	Schwach wechselwirkendes, verdünntes Bose-Gas	90
	Bogoliubov-Theorie	90
	Reales Helium: Suprafluidität	95
II Elektrodynamik und Spezielle Relativitätstheorie		99
5	Spezielle Relativitätstheorie	101
5.1	Grundlagen	101
5.2	Lorentz-Transformationen	104
5.3	Physikalische Folgen	109
5.4	Kovarianter vierdimensionaler Formalismus	111
5.5	Klassische Mechanik in kovarianter Form	113
6	Kovariante Formulierung der Elektrodynamik	117
6.1	Maxwell-Gleichungen	117
6.2	Lagrange-Formalismus	120
III Relativistische Quantenmechanik		125
7	Einteilchentheorie: Dirac-Gleichung	127
7.1	Klein-Gordon-Gleichung	128
7.2	Dirac-Gleichung	129
7.3	Lösungen der Dirac-Gleichung für freie Teilchen	137

7.3.1	Ruhende Teilchen mit endlicher Masse	137
7.3.2	Teilchen mit endlichem Impuls und endlicher Masse	138
7.3.3	Masselose Teilchen	139
7.4	Kopplung an das elektromagnetische Feld	142
7.5	Nicht-relativistischer Grenzfall, Pauli-Gleichung	143
7.6	Relativistische Korrekturen	145
7.6.1	Foldy-Wouthuysen-Transformationen	145
7.6.2	Pauli-Gleichung mit relativistischen Korrekturen	149
7.6.3	Diskussion der relativistischen Korrekturen	149
7.7	Interpretation der Dirac-Gleichung	151
8	Quantenelektrodynamik	153
8.1	Elektronen	153
8.1.1	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	153
8.1.2	Feldoperatoren	155
8.1.3	Spin-Statistik-Theorem	157
8.2	Photonen	161
8.2.1	Klassisches Strahlungsfeld	161
	Eichtransformationen	162
	Lagrange-Dichte für das elektromagnetische Feld	163
8.2.2	Feldquantisierung	165
8.3	Licht und Materie: QED	167
8.3.1	Strahlungsübergänge	168
	Berechnung von Emission und Absorption	168
	Einstein A und B Koeffizienten	170
8.3.2	Streuvorgänge	171
	Streumatrix	171
	Prozesse tiefster Ordnung	173