

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Quantenmechanik (1,5 Wochen)	3
1.1	Literatur und verwendete Symbole	3
1.2	Grundlagen und frühe Quantenmechanik	7
1.2.1	Quanteneffekte	7
1.2.2	Welleneffekte	13
1.2.3	Störung durch Messung	15
2	Wellenfunktion und Schrödinger-Gleichung (4,5 Wochen)	19
2.1	Die Wellenfunktion Ψ	19
2.2	Materiewellen	21
2.3	Die Schrödinger-Gleichung für ein freies Teilchen	22
2.4	Die Schrödinger-Gleichung in Anwesenheit eines Potentials	23
2.5	Der dreidimensionale Potenzialtopf	25
2.6	Eindimensionale Potenzialtöpfe und -schwellen	26
2.6.1	Der eindimensionale Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden	27
2.6.2	Der eindimensionale Potenzialtopf mit endlichen Wänden	28
2.6.3	Die Potenzialstufe	30
2.6.4	Potenzialbarriere: Tunneleffekt	31
2.7	Wahrscheinlichkeitsstromdichte und Kontinuitätsgleichung	32
2.8	Der eindimensionale harmonische Oszillator	33
2.9	Die Schrödinger-Gleichung als Eigenwertgleichung	35
2.10	Lösung der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung	35
3	Mittelwerte und Messgrößen ("Observablen") (2 Wochen)	37
3.1	Mittelwerte	37
3.2	Wellenpakete	39
3.3	Der Impulsraum	41
3.4	Die Heisenberg'sche Unschärferelation	41
3.5	Operatoren und Erwartungswerte	42
3.6	Vollständigkeit und Orthonormalsysteme	44
3.7	Messprozess und Wahrscheinlichkeitsrechnung	45
3.8	Der Hilbertraum	46
4	Eigenschaften von Operatoren (3,5 Wochen)	48
4.1	Verknüpfung von Operatoren	49
4.2	Hermitizität und Linearität	49
4.3	Kommutatoren, Vertauschbarkeit und Unschärferelation	50
4.4	Das Korrespondenzprinzip	52

4.5	Ort und Impuls	52
4.6	Der Drehimpuls	53
4.6.1	Der Drehimpuls in Kugelkoordinaten	53
4.6.2	Die Auf- und Absteigeoperatoren	56
4.7	Der Spin	57
4.8	Der klassische Grenzfall	62
4.9	Das Ehrenfest'sche Theorem	62
4.10	Operatoren als Matrix	63
4.11	Energie und Zeit	64
4.12	Die Dirac-Notation oder Bra-Ket-Schreibweise *	65
5	Einfache Atome (2,5 Wochen)	68
5.1	Das Elektron im Coulombpotenzial	70
5.2	Das (nichtrelativistische) Wasserstoffatom	72
5.2.1	Der Energieeigenwert	72
5.2.2	Die Quantenzahlen ℓ und $m \equiv m_\ell$	73
5.3	Störungsrechnung und ihre Anwendung auf Atome	74
5.3.1	Zeitunabhängige Störungsrechnung von nichtentarteten Niveaus *	74
5.3.2	Zeeman- und Starkeffekt	76
5.3.3	Vollständige Beschreibung des Wasserstoffspektrums	78
5.4	Weitere Atome	78
5.4.1	Wechselwirkungsfreie Elektronen im Coulombfeld des Atomkerns	78
5.4.2	Das Pauli-Prinzip und das Periodensystem	79
6	Quantengase (1 Woche)	80
6.1	Die Symmetrie der Wellenfunktion: Fermionen und Bosonen	80
6.2	Thermodynamische Begriffe	81
6.2.1	Abgeschlossene Systeme	81
6.2.2	Gleichgewicht	82
6.2.3	Unterscheidbare Teilchen	82
6.2.4	Mikrozustand und Makrozustand im klassischen Fall: grundlegendes Postulat *	82
6.2.5	Die mikrokanonische Verteilung *	83
6.2.6	Die Annäherung an das Gleichgewicht *	83
6.2.7	Temperatur und Entropie *	84
6.2.8	Die kanonische Verteilung *	85
6.2.9	Die großkanonische Verteilung *	86
6.3	Statistik der idealen Quantengase	87
6.4	Fermionen und Fermi-Dirac-Statistik *	87
6.5	Bosonen	88
6.5.1	Die Bose-Einstein-Statistik *	88
6.5.2	Die zweite Quantisierung *	89
7	Grundfragen und moderne Anwendungen der Quantenmechanik* (Letzte Woche)	91
7.1	EPR-Paradoxon und verschränkte Zustände	92
7.2	Die Bell'sche Ungleichung	93
7.3	Logische Operationen	96
7.4	Die Quantenteleportation, Quantenkryptographie und Quantencomputer	97