

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Experimentelle und theoretische Grundlagen der Quantenphysik</b>	<b>1</b>
1.1	Das Teilchenbild . . . . .	1
1.1.1	Grundgleichungen der Punktmechanik . . . . .	1
1.1.2	Der Photoeffekt . . . . .	3
1.1.3	Photoelektronenspektroskopie* . . . . .	7
1.1.4	Der Comptoneffekt . . . . .	10
1.1.5	Comptonspektroskopie* . . . . .	13
1.1.6	Aufgaben . . . . .	17
1.2	Das Wellenbild . . . . .	18
1.2.1	Wellengleichungen . . . . .	18
1.2.2	Elektromagnetische Wellen . . . . .	22
1.2.3	Beugung . . . . .	24
1.2.4	Das Auflösungsvermögen des Gitterspektrographen . . . . .	25
1.2.5	Elektronenbeugung . . . . .	27
1.2.6	LEED* . . . . .	32
1.2.7	Wellenpaket mit Gaußverteilung . . . . .	34
1.2.8	Aufgaben . . . . .	37
1.3	Die Hohlraumstrahlung und Gitterschwingungen . . . . .	38
1.3.1	Thermodynamik der Hohlraumstrahlung . . . . .	38
1.3.2	Das Emissions- und Absorptionsvermögen eines Dipols* . . . . .	42
1.3.3	Die Plancksche Strahlungsformel . . . . .	44
1.3.4	Spezifische Wärme fester Körper . . . . .	47
1.3.5	III. Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	51
1.3.6	Aufgaben . . . . .	52
1.4	Atomspektren . . . . .	53
1.4.1	Das Ritzsche Kombinationsprinzip . . . . .	53
1.4.2	Das Bohrsche Atommodell . . . . .	55
1.4.3	Der Franck-Hertz-Versuch . . . . .	57
1.4.4	Die Bohr-Sommerfeldsche Quantenbedingung . . . . .	58
1.4.5	Das Moseleysche Gesetz . . . . .	62
1.4.6	Elektronenstrahlmikroanalyse* . . . . .	63

1.4.7	Aufgaben .....	66
1.5	Teilchen-Wellen-Dualismus .....	67
1.5.1	Vereinigung von Teilchen- und Wellenbild .....	67
1.5.2	Die Schrödinger-Gleichung .....	69
1.5.3	Die Bedeutung der Wellenfunktion .....	70
1.5.4	Die Beobachtbarkeit von Teilchen- und Welleneigenschaften .....	72
1.5.5	Aufgaben .....	74
<b>2</b>	<b>Stationäre Zustände .....</b>	<b>77</b>
2.1	Die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung .....	77
2.1.1	Energieerhaltung .....	77
2.1.2	Eindimensionale Probleme .....	78
2.1.3	Eigenschaften der Eigenfunktionen .....	79
2.1.4	Hermitesche Operatoren .....	81
2.1.5	Orthogonalität und Vollständigkeit .....	81
2.1.6	Aufgaben .....	83
2.2	Gebundene Zustände .....	84
2.2.1	Rechteckiger Potentialtopf .....	84
2.2.2	Der harmonische Oszillator .....	91
2.2.3	Bewegung im beliebigen Potentialtopf .....	96
2.2.4	Aufgaben .....	100
2.3	Streuzustände .....	101
2.3.1	Freie Teilchen .....	101
2.3.2	Das Streuproblem .....	104
2.3.3	Streuung am Potentialtopf .....	106
2.3.4	Der Tunnel-Effekt .....	110
2.3.5	Streuphasen* .....	112
2.3.6	Aufgaben .....	116
2.4	Näherungsverfahren .....	116
2.4.1	Extremaleigenschaften .....	117
2.4.2	Ritzsches Variationsverfahren .....	120
2.4.3	Störungsrechnung .....	123
2.4.4	Aufgaben .....	124
<b>3</b>	<b>Darstellung und Zeitablauf physikalischer Größen .....</b>	<b>125</b>
3.1	Darstellung physikalischer Größen .....	125
3.1.1	Erwartungswert des Ortes und des Impulses .....	125
3.1.2	Erwartungswerte physikalischer Größen .....	127
3.1.3	Eigenwerte und Eigenzustände .....	128
3.1.4	Aufgaben .....	130
3.2	Zeitablauf physikalischer Größen .....	130
3.2.1	Allgemeine zeitabhängige Lösung der Schrödinger-Gleichung .....	130
3.2.2	Zeitliche Änderung von Erwartungswerten .....	131

3.2.3	Erhaltungsgrößen . . . . .	132
3.2.4	Ehrenfestsche Sätze . . . . .	134
3.2.5	Die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation . . . . .	136
3.2.6	Ausbreitung eines Wellenpaketes . . . . .	138
3.2.7	Die Energie-Zeit-Uncertainty . . . . .	140
3.2.8	Aufgaben . . . . .	141
3.3	Quasistationäre Zustände . . . . .	142
3.3.1	Die Zerfallswahrscheinlichkeit . . . . .	142
3.3.2	Die Energie-Zeit-Uncertainty beim Zerfall . . . . .	144
3.3.3	Der $\alpha$ -Zerfall . . . . .	146
3.3.4	Aufgaben . . . . .	149
4	<b>Das Wasserstoffatom . . . . .</b>	151
4.1	Das Wasserstoffspektrum . . . . .	151
4.1.1	Das Niveauschema . . . . .	151
4.1.2	Atomare Einheiten . . . . .	155
4.1.3	Die Mitbewegung des Kerns . . . . .	157
4.1.4	Aufgaben . . . . .	158
4.2	Der Bahndrehimpuls . . . . .	159
4.2.1	Erhaltungsgrößen im Zentralkraftfeld . . . . .	159
4.2.2	Bahndrehimpulsoperatoren . . . . .	162
4.2.3	Eigenfunktionen und Eigenwerte von $\hat{L}_z$ . . . . .	164
4.2.4	Eigenfunktionen und Eigenwerte von $\hat{L}^2$ . . . . .	165
4.2.5	Aufgaben . . . . .	167
4.3	Die radiale Bewegung . . . . .	168
4.3.1	Die Schrödingergleichung für den Radialteil . . . . .	168
4.3.2	Der Radialteil der Wellenfunktion . . . . .	169
4.3.3	Der Radialteil der Wellenfunktion beim Wasserstoffatom . . . . .	171
4.3.4	Bewegung im Zentralkraftfeld . . . . .	176
4.3.5	Aufgaben . . . . .	179
4.4	Der Elektronenspin . . . . .	180
4.4.1	Magnetisches Moment einer rotierenden Ladung . . . . .	180
4.4.2	Der Stern-Gerlach-Versuch . . . . .	181
4.4.3	Der Einstein-de-Haas-Effekt . . . . .	184
4.4.4	Drehimpuls und magnetische Momente . . . . .	186
4.4.5	Aufgaben . . . . .	187
5	<b>Drehimpulsoperatoren . . . . .</b>	189
5.1	Drehoperator . . . . .	189
5.2	Drehung eines Vektors . . . . .	191
5.3	Drehung eines skalaren Feldes . . . . .	192
5.4	Vertauschung von Drehungen . . . . .	194
5.5	Vertauschungsrelationen . . . . .	195
5.6	Drehimpuls-Eigenfunktionen . . . . .	197
5.7	Umklaus-Operatoren . . . . .	198

5.8 Eigenwerte von $\hat{J}^2$ .....	199
5.9 Aufgaben .....	200
<b>6 Tabellenanhang .....</b>	<b>201</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>207</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>211</b>