

---

# **Atomphysik**

Eine Einführung

Von Dr. rer. nat. Theo Mayer-Kuckuk  
em. o. Professor an der Universität Bonn

4. durchgesehene und erweiterte Auflage  
Mit 132 Figuren, 7 Tabellen und 1 Spektraltafel



B. G. Teubner Stuttgart 1994

# Inhalt

## 1 Die Grundlagen

1.1 Einleitung: Was ist Atomphysik? . . . . .	9
1.2 Fundamentale Experimente . . . . .	12
1.3 Die Quantelung der Energie . . . . .	19
1.4 Spektroskopie, praktische Einheiten . . . . .	22
1.5 Grenzen der klassischen Beschreibung, Bohrsches Modell . . . . .	25

## 2 Teilchen und Wellen

2.1 Teilcheninterferenzen . . . . .	29
2.2 Wellenpakete, Unschärferelation . . . . .	34
2.3 Die Schrödinger-Gleichung . . . . .	40
2.4 Einfachste Anwendungen: Rechteckpotential, harmonischer Oszillator . . . . .	51

## 3 Einfache Zustände des Wasserstoffatoms

3.1 Die Schrödinger-Gleichung im Zentralfeld . . . . .	59
3.2 Eigenzustände des Wasserstoffatoms . . . . .	67
3.3 Eigenschaften des Drehimpulses . . . . .	71
3.4 Diskussion der Wasserstoff-Wellenfunktionen . . . . .	76

## 4 Magnetfeld und Spin des Elektrons

4.1 Magnetische Momente . . . . .	84
4.2 Der Spin des Elektrons . . . . .	87
4.3 Formale Beschreibung des Spins . . . . .	89
4.4 Relativistische Behandlung des Elektrons . . . . .	94

## 5 Vollständige Beschreibung des Wasserstoffspektrums

5.1 Spin-Bahn-Kopplung . . . . .	96
5.2 Die Feinstruktur . . . . .	100
5.3 Die Hyperfeinstruktur . . . . .	107
5.4 Quantenelektrodynamische Effekte, Lamb-Shift . . . . .	110

## 6 Die Emission von Lichtquanten

6.1 Empirisches zu den Auswahlregeln und den Eigenschaften der Quanten . . . . .	117
6.2 Der Zeeman-Effekt. Weiteres zu den Lichtquanten . . . . .	119
6.3 Übergangswahrscheinlichkeiten, induzierte und spontane Emission . . . . .	129
6.4 Die Lebensdauer angeregter Zustände und die Breite von Spektrallinien . . . . .	138

<b>7 Identische Teilchen</b>	
7.1 Fermionen und Bosonen . . . . .	143
7.2 Fermionensysteme, Pauli-Prinzip . . . . .	149
7.3 Das Heliumatom . . . . .	155
<b>8 Atome mit mehreren Elektronen</b>	
8.1 Modelle mit unabhängigen Teilchen . . . . .	161
8.2 Das Schalenmodell der Hülle . . . . .	166
8.3 Röntgenspektren . . . . .	175
8.4 Spektren komplexer Atome . . . . .	180
<b>9 Die Wechselwirkung der Elektronenhülle mit magnetischen und elektrischen Feldern</b>	
9.1 Hyperfeinstruktur komplexer Atome . . . . .	192
9.2 Atome im äußeren Magnetfeld . . . . .	199
9.3 Die magnetische Aufspaltung der Hyperfeinstruktur-Terme . . . . .	201
9.4 Der Stark-Effekt . . . . .	208
<b>10 Kohärente und inkohärente Strahlungsquellen</b>	
10.1 Systeme mit vielen Bosonen . . . . .	209
10.2 Hohlraumstrahlung . . . . .	212
10.3 Maser und Laser . . . . .	217
<b>11 Ungewöhnliche Atome</b>	
11.1 Allgemeines . . . . .	222
11.2 Positronium und Myonium . . . . .	226
11.3 Myonische Atome . . . . .	232
11.4 Hadronische Atome . . . . .	236
<b>12 Gebundene Atome</b>	
12.1 Übersicht . . . . .	240
12.2 Die Ionenbindung . . . . .	242
12.3 Das Wasserstoffmolekül, die kovalente Bindung . . . . .	245
12.4 Molekülanregungen . . . . .	252
12.5 Elektronenzustände im Festkörper . . . . .	256
<b>Anhang A 1. Komplexe Zahlen; Beschreibung der ebenen Welle . . . . .</b>	<b>261</b>
<b>Anhang A 2. Vergleich verschiedener Darstellungsformen der quantenmechanischen Größen . . . . .</b>	<b>264</b>
<b>Literaturhinweise . . . . .</b>	<b>267</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>268</b>
<b>Spektraltafel . . . . .</b>	<b>82</b>