

Vorwort

Der Inhalt dieses Buches entspricht in seinem Umfang ungefähr einer einsemestrigen Einführungsvorlesung in die Atomphysik. Vorausgesetzt werden einige Kenntnisse aus der Mechanik und Elektrodynamik sowie Grundkenntnisse in Vektor- und Differentialrechnung.

Vertrautheit mit der Quantenmechanik wird nicht unbedingt vorausgesetzt. Natürlich ist sie nützlich, und der Leser wird dann einiges überschlagen können. Aber der vorliegende Text ist vor allem auch für Studenten gedacht, die etwa gleichzeitig mit dem Studium der Atomphysik und der Quantenmechanik beginnen, oder die sich auf die Quantenmechanik erst vorbereiten wollen. Schließlich hat sich die Quantenmechanik historisch an der Atomphysik entwickelt und ist auch in der Darstellung nicht gut von ihr zu trennen. Daher werden in dem vorliegenden Text, ausgehend von den experimentellen Grundlagen, zunächst die einfachsten quantenmechanischen Begriffe erläutert. Es wird dann im weiteren hauptsächlich von der Schrödingergleichung und von einfachen Symmetrie-Betrachtungen Gebrauch gemacht. Diese Darlegungen können und sollen ein reguläres Studium der Quantenmechanik natürlich nicht ersetzen. Sie sollen aber eine gewisse Ergänzung dadurch bieten, daß die Perspektiven anders liegen als bei einer theoretischen Einführung in die Quantenmechanik. Diese Wiederholung beim Lernen schadet nicht, im Gegenteil: alle Erfahrung zeigt, daß kaum jemand in der Lage ist, Quantenmechanik auf Anhieb zu lernen und damit umzugehen. Das Verständnis der Quantenmechanik entsteht vielmehr normalerweise durch längere Gewöhnung und durch ein vielfaches Durchdenken der Probleme aus verschiedenen Blickrichtungen.

Der angestrebte Umfang dieses Buches, wie auch der einer einsemestrigen Vorlesung, erfordert eine Beschränkung des Stoffes auf die wirklich fundamentalen Erscheinungen der Atomphysik. Bei der Darstellung wurde keine Originalität angestrebt, insbesondere wurden alle Begriffe und Bezeichnungen nach Möglichkeit in der literaturüblichen Weise eingeführt, um dem Leser die weitere Orientierung zu erleichtern. Im einzelnen folgt der Aufbau des Buches folgendem Plan. Nach einem einleitenden Kapitel über die Grundlagen der Atomvorstellung wird in Kapitel 2 die Schrödingergleichung vorgestellt und an Beispielen erläutert. Dann wird in Kapitel 3 das Wasserstoffatom besprochen mit ausführlicher Diskussion der Wellenfunktionen. Das nächste Kapitel beschäftigt sich, gewissermaßen als Einschub, mit dem Spin und der Energie eines magnetischen Dipols im Magnetfeld. Dann wird in Kapitel 5 das Wasserstoffatom wieder aufgenommen unter Diskussion von Feinstruktur, Hyperfeinstruktur und quantenelektrodynamischen Effekten. Bis dahin wird nur das Einteilchensystem behandelt. Zur Vorbereitung auf die Beschreibung von Atomen mit mehreren Elektronen wird in Kapitel 6 die Emission von Quanten einschließlich des Zeeman-Effekts beschrieben und in Kapitel 7 werden die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten für Systeme mit identischen Teilchen diskutiert. Es folgen in Kapitel 8 die Eigenschaften der Grundzustände und der angeregten Zustände von Mehrelektronen-Atomen, wobei auf die Diskussion spektroskopischer Einzelheiten verzichtet wird. In Kapitel 9 werden dann die Aufspaltungen der Zustände unter dem Einfluß von Feldern behandelt. Kapitel 10 bringt schließlich eine knappe

Übersicht über die Emissionsprozesse von Systemen mit vielen Atomen. Der gesamte Stoff des Buches ist also gewissermaßen nach steigender Zahl von Freiheitsgraden des betrachteten Systems geordnet. Das nächste Kapitel nimmt eine Sonderstellung ein. Es behandelt exotische Atome und berührt gleichermaßen Fragen der Atomphysik, der Teilchenphysik und der Prüfung der Quantenelektrodynamik. Als letztes wurde ein Kapitel über gebundene Atome hinzugefügt, das als Brücke zur Molekülphysik und zur Festkörperphysik dienen soll.

Es ist hier noch ein Wort vonnöten zu den in diesem Buch benutzten Einheiten und zum Maßsystem. Gesetzlich vorgeschrieben für den geschäftlichen Verkehr sind die internationalen SI-Einheiten. Diese Vorschrift ist zweifellos zur Vereinheitlichung der Einheitensysteme nützlich. Wer sich jedoch als Lernender ausschließlich auf den Umgang mit SI-Einheiten beschränkt, wird bald feststellen, daß er Schwierigkeiten hat, sich in der physikalischen Literatur zurechtzufinden. Es gibt in jedem Teilgebiet der Physik, so auch in der Atomphysik, eine Art internationaler Zunftbräuche, zu der die Benutzung von Einheiten wie Ångström oder Kayser gehört. Diese Einheiten werden auch heute noch weltweit bei wissenschaftlichen Publikationen benutzt und finden sich natürlich ebenso durchweg in der älteren Literatur. Man muß sie daher kennen. Darüber hinaus haben spezielle Einheiten in bestimmten Teilgebieten der Physik durchaus den Vorteil, daß man schnell und praktisch mit ihnen rechnen kann. Man sollte deshalb allgemein unterscheiden zwischen natürlichen Einheiten, praktischen Einheiten und internationalen Einheiten. Die natürliche Längeneinheit für Atome ist $a_0 = \hbar^2/e^2 m_0$. In internationalen Einheiten ist $a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m. Es ist daher praktisch, Längen im atomaren Bereich in $\text{Å} = 10^{-10}$ m anzugeben. Da dies ungefähr das Doppelte der natürlichen Einheit ist, erhält man sehr anschauliche Zahlenangaben. Der Verfasser hat sich in diesem Buch keinem orthodoxen System gefügt und in liberaler Weise verschiedene literaturübliche Einheiten verwendet. Einige dieser Einheiten sind in Abschn. 1.4 vergleichend zusammengestellt.

Für die Gleichungen wurde in diesem Buch das Gaußsche System verwendet. Da man es in der Atomphysik fast ausschließlich mit kugelsymmetrischen Problemen zu tun hat, bietet es den großen Vorteil, die sonst ständig auftauchenden Faktoren $4\pi\epsilon_0$ zu sparen, z. B. bei der Feinstrukturkonstanten, die nur im Gaußschen System gleich $e^2/\hbar c$ ist.

Es ist Ziel dieses Buches, eine Übersicht über die Zusammenhänge in der Atomphysik zu vermitteln, aber nicht die mathematische Beschreibung im Einzelnen darzustellen. Bei den komplizierteren Differentialgleichungen und bei einigen Integralausdrücken wird daher nur gezeigt, wie sich die Gleichung aus dem physikalischen Problem ergibt. Die Lösungsfunktion wird dann ohne detailliertere Angabe des mathematischen Lösungsverfahrens mitgeteilt und hinsichtlich ihrer physikalischen Bedeutung interpretiert. Dabei geht an physikalischem Inhalt nichts verloren. Auch von den algebraischen Verfahren zur Addition von Drehimpulsen wird kein Gebrauch gemacht.