Vorwort

Die Fortsetzung des bisher zweibändigen Lehrbuchs ATOME–MOLEKÜLE–KERNE ergab sich aus der langjährigen Zusammenarbeit mit den Studenten. Das eigentliche Verständnis der zweifellos komplexen Materie bei der Behandlung von Atomen, Molekülen, Kernen und Teilchen vollzieht sich bekanntlich erst im Umgang mit dem Stoff in Übungs- und Diskussionsstunden. Erst hierbei werden bei den Lernenden Verständnisschwierigkeiten erkennbar, denen man durch weitergehende Erklärungen und durch Anwendungsbeispiele begegnen muß. Das dabei erarbeitete Material als Folgeband zusammenzustellen lag auf der Hand. Selbstverständlich steht der Stoff im engen Zusammenhang mit den ersten beiden Bänden.

Der vorliegende Band behandelt zunächst Probleme der Atomphysik, ist also vornehmlich mit Band I verknüpft. Es lag uns dabei fern, einen Lustlosigkeit erzeugenden "Übungsband" mit puren Serien von Übungsaufgaben vorzustellen. Wir haben uns hingegen bemüht, dem Lernenden nicht nur grundlegende Probleme zu erklären, sondern durch ganz moderne Experimente auch ein lebendiges Interesse an der Materie zu wecken. Daß wir viele Fragestellungen in Aufgabenform gekleidet haben hat rein methodische Gründe. Zum einen besteht der Stoff aus vielen einzelnen Aspekten, die sich nur schwer in einer durchgehenden Linie fassen lassen, zum anderen soll die Form der Darstellung zum selbständigen Lösen der Probleme anregen. Damit sich der Text aber flüssig lesen läßt, haben wir jeder Problemstellung unmittelbar die Erklärung bzw. Lösung angefügt. Sich wiederholende Problemstellungen mit lediglich geänderten Rahmenbedingungen wurden vermieden. Diese Art der Darstellung als Verbindung von fundamentalen Fragestellungen und einfachen bis schwierigen Anwendungen dürfte die Besonderheit dieses Bandes auf dem Lehrbuchsektor der Physik ausmachen.

In jedem Fall sollte sich der Leser mit dem Stoff der ersten beiden Bände hinreichend vertraut gemacht haben. Denn nach dem oben gesagten hat der Band im eigentlichen Sinn mehr Lehrbuch- als Anwendungscharakter und baut in jedem Fall auf dem vorangehenden Stoff auf. Als formale Leitlinie für den vorliegenden Band dient dabei die Reihenfolge der Kapitel des ersten Bandes. Die Kapitelnummern werden vom Ende des zweiten Bandes an weitergezählt.

In Kap.10 werden nach einigen Beispielen zum Welle–Teilchen–Dualismus die grundlegenden Beziehungen der speziellen Relativitätstheorie hergeleitet, gefolgt von Fragestellungen zu Materiewellen, wie z.B. zum zeitlichen Zerfließen der Wellenpakete. In Kap.11 wird vor allem auf praktische Anwendungen zum spezifischen Energieverlust bzw. zur Reichweite geladener Teilchen sowie auf Atomspektren eingegangen. In Kap.12 behandeln wir zunächst die Lösung der Schrödinger–Gleichung für eine Reihe von Potentialen, die in der Natur in abgewandelter Form vorkommen. Anschließend gehen wir auf die Eigenschaften wichtiger Operatoren und deren Transformationseigenschaften ein, u.a. auf diejenigen des Paritäts- und Zeitumkehroperators. Drehimpulse und Rotationen spielen in allen Bereichen atomarer Physik eine außerordentlich wichtige Rolle. Wir haben ihnen das ganze Kap.13 gewidmet, aufbauend auf Kap.4 von

Band I. Es setzt sich mit dem grundlegenden Transformationsverhalten von Drehimpulsoperatoren auseinander und schult den Umgang mit ihnen einschließlich der Behandlung von Drehimpulskopplungen. Kap.14 behandelt Probleme von Ein–Elektron–Atomen wie z.B. die Feinstruktur, die Hyperfeinstruktur und die Lamb–Verschiebung des Grundniveaus des H–Atoms sowie die Herleitung verschiedener Auswahlregeln, Winkelverteilungen, die Polarisation und die Helizität elektromagnetischer Strahlung sowie schließlich den Quanten–Zeno–Effekt. Danach werden verschiedene Effekte studiert, die bei der Verwendung konstanter Magnetfelder zu Tage treten, u.a. auch das Einstein–Podolsky–Rosen–Paradoxon. Kap.15 behandelt zunächst Zustände von Atomen mit wenigen Elektronen. Es folgt die Diskussion von Grotrian–Diagrammen, von Zuständen schwerer Atome sowie Rechnungen zur Röntgen–Strahlung. Abschließend diskutieren wir grundlegende Betrachtungen zum Laser wie die Lichtverstärkung und die Schwellenbedingung zum Einsetzen der Oszillation. Als typische und moderne Anwendung von Lasern stellen wir die Untersuchung von Rydberg–Atomen und die Atomstrahlkühlung vor. Der derzeit noch in Weiterentwicklung befindliche Freie–Elektron–Laser schließt die Darstellung dieses Bandes ab.

Eine Unterteilung des vermittelten Stoffs nach Schwierigkeitsgrad, wie wir sie in den Bänden I und II für Anfänger und Fortgeschrittene gemacht haben, wurde im vorliegenden Band nur insoweit getroffen, als schwierige Aufgaben mit einem $*$ gekennzeichnet sind.

Wir haben diesem Band kein gesondertes Literaturverzeichnis angefügt. Literaturhinweise sind jeweils an den betreffenden Stellen angegeben. Im übrigen verweisen wir auf die ausführlichen Literaturhinweise der Bände I und II.

Wiederum danken wir allen Mitarbeitern des Aachener Physikzentrums, die uns durch kritische Durchsicht des Manuskripts, durch Verbesserungsvorschläge und durch guten Rat besonders hilfreich waren. Insbesondere gilt dieser Dank unseren engagierten Mitarbeitern, den Herren Dr. Dieter Rein, Dr. Reiner Schulte und Prof. Dr. Manfred Tonutti. Dem Institutsleiter Herrn Prof. Dr. Günter Flügge sind wir für seine wohlwollende Unterstützung und für die Bereitstellung der Infrastruktur des Instituts dankbar. Die Fassung und Formatierung des Textes verdanken wir im wesentlichen dem unermüdlichen Einsatz von Herrn Dietmar Otter. Die Figuren im Text fertigte dankenswerterweise Herr Hubert Schulz an.

Aachen, Oktober 2000 Gerd Otter und Raimund Honecker