

L. D. Landau · E. M. Lifschitz
Lehrbuch der Theoretischen Physik
Band III

L. D. LANDAU † · E. M. LIFSCHITZ †

LEHRBUCH DER THEORETISCHEN PHYSIK

In deutscher Sprache herausgegeben

von Prof. Dr. habil. PAUL ZIESCHE

Technische Universität Dresden

Band III

QUANTENMECHANIK

L. D. LANDAU † · E. M. LIFSCHITZ †

QUANTENMECHANIK

In deutscher Sprache herausgegeben

von Prof. Dr. habil. PAUL ZIESCHE

Technische Universität Dresden

8., berichtigte, unter Mitwirkung von L. P. PITAJEWSKI
bearbeitete Auflage

Mit 57 Abbildungen und 11 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN
1988

Als Lehrbuch für die Ausbildung an Universitäten und Hochschulen der DDR anerkannt.

Berlin 1975

Minister für Hoch- und Fachschulwesen

Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц
Квантовая механика (нерелятивистская теория)

Erschienen im Verlag NAUKA, Moskau 1974

Übersetzt aus dem Russischen von
Prof. Dr. A. KÜHNEL, Leipzig

Ges.-ISBN 3-05-500063-3

Bd. III-ISBN 3-05-500067-6

Erschienen im Akademie-Verlag, DDR-1086 Berlin, Leipziger Str. 3—4

© Akademie-Verlag Berlin 1979

Lizenznummer: 202 · 100/428/88

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 5820 Bad Langensalza

Lektor: Dipl.-Phys. Ursula Heilmann

LSV 1114

Bestellnummer: 7621728 (5436/III)

03900

VORWORT DES HERAUSGEBERS ZUR DEUTSCHEN AUSGABE

In der Fachwelt genießt das umfassende, zehnbändige Lehrbuch der Theoretischen Physik von L. D. LANDAU † und E. M. LIFSCHITZ hohes Ansehen. Auch der Band III — der nichtrelativistischen Quantentheorie und ihren vielfältigen Anwendungen gewidmet — trägt zu diesem hohen Ansehen bei. Darstellung und Stil sind, wie auch in den anderen Bänden, sehr elegant und modern. Im Unterschied zu manchen mehr abstrakten Darstellungen der Quantentheorie werden hier die physikalischen Aussagen und Zusammenhänge gegenüber dem Mathematisch-Formalen klar herausgearbeitet. Besonders wertvoll ist auch die sehr ausführliche Behandlung einer ganzen Reihe konkreter Anwendungen, so zur Theorie der Atome, der zwei- und mehratomigen Moleküle, des Atomkerns usw. Dabei kommen auch die Bewegung im Zentralfeld, im Magnetfeld, die Störungstheorie, der quasiklassische Grenzfall, die Theorie der Symmetrie, der Addition von Drehimpulsen, der elastischen und unelastischen Stöße eingehend zur Sprache. Zahlreiche Aufgaben ergänzen den Text.

Dieser neuen deutschen Auflage liegt die dritte, überarbeitete, russische Auflage zugrunde. Deren zahlreiche Änderungen und Ergänzungen machten eine vollständige Neuübersetzung notwendig, die in bewährter Weise von Herrn A. KÜHNEL angefertigt wurde. Bis zu seinem Tode am 29. Okt. 1985 hat Herr Professor E. M. LIFSCHITZ regelmäßig bei der Vorbereitung von Auflagen der deutschen Ausgabe geholfen. Beim Korrekturlesen wurde ich dankenswerter Weise von den Herren B. PIETRASS und W. KELLER unterstützt, den Herren D. SCHLÜTER und M. HIETSCHOLD sowie R. BRACHOLDT und J. GRÄFENSTEIN danke ich für wertvolle Hinweise auf Druckfehler.

Dresden, September 1986

P. ZIESCHE

VORWORT ZUR DRITTEN RUSSISCHEN AUFLAGE

Die Herausgabe der zweiten Auflage dieses Bandes war die letzte Arbeit an einem Buch, die gemeinsam mit meinem Lehrer L. D. LANDAU auszuführen mir vergönnt war. Die damals vorgenommene Überarbeitung und Ergänzung dieses Buches waren sehr umfangreich und erfaßten alle Kapitel.

Für diese neue Auflage war natürlich eine wesentlich geringere Bearbeitung erforderlich. Trotzdem ist eine beträchtliche Menge neuen Stoffes (darunter auch neue Aufgaben) hinzugekommen. Es sind einmal Ergebnisse der letzten Jahre neu aufgenommen worden, und zum anderen wurden ältere Ergebnisse einbezogen, die in der letzten Zeit eine erhöhte Aufmerksamkeit auf sich gelenkt haben.

LEW DAWIDOWITSCH LANDAU beherrschte den Apparat der Theoretischen Physik in einem solch hohen Maße, daß er bei der Wiedergabe von Ergebnissen seinen eigenen Weg gehen konnte, ohne irgendwie auf die Originalarbeiten verweisen zu müssen. Dadurch könnten in dem Buch einige notwendige Literaturhinweise fehlen; ich habe mich bemüht, sie in dieser Auflage nach Möglichkeit zu ergänzen. Gleichzeitig habe ich Hinweise auf LEW DAWIDOWITSCH LANDAU an diejenigen Stellen eingefügt, an denen Ergebnisse oder Methoden dargestellt werden, die von ihm selbst stammen und nicht in anderer Form veröffentlicht worden sind.

Wie auch bei der Arbeit an der Neuauflage anderer Bände dieses Lehrbuches haben mich bei der Bearbeitung dieses Bandes viele meiner Kollegen hilfreich unterstützt; sie haben mich auf mögliche Mängel in der bisherigen Darstellung hingewiesen und ihre Wünsche nach bestimmten Ergänzungen ausgesprochen. Ich habe von A. M. BRODSKI, G. F. DRUKAREW, I. G. KAPLAN, W. P. KRAJNOW, I. B. LEWINSON, P. E. NEMIROWSKI, W. L. POKROWSKI, I. I. SOBELMAN und I. S. SCHAPIRO eine ganze Reihe nützlicher Hinweise erhalten, die in der vorliegenden Auflage dieses Buches berücksichtigt worden sind; ich möchte ihnen allen meinen herzlichen Dank aussprechen.

Ich habe die ganze Arbeit an der Neuauflage dieses Bandes in enger Zusammenarbeit mit L. P. PITAJEWSKI vorgenommen. Es ist mir geglückt, in seiner Person einen Arbeitsgefährten zu finden, der ebenfalls aus der LANDAUSCHEN Schule hervorgegangen und von den gleichen wissenschaftlichen Idealen beseelt ist.

Institut für Physikalische Probleme
der Akademie der Wissenschaften der UdSSR
Moskau, im November 1973

E. M. LIFSCHITZ

AUS DEM VORWORT ZUR ERSTEN RUSSISCHEN AUFLAGE

Der vorliegende Band des Lehrbuches der Theoretischen Physik befaßt sich mit der Darstellung der Quantenmechanik. Wegen des sehr umfangreichen Stoffes erscheint es zweckmäßig, diesen Band in zwei Teilen vorzulegen. Der hiermit veröffentlichte erste Teil enthält die nichtrelativistische Theorie, während die relativistische Theorie der Inhalt des zweiten Teiles sein wird.

Unter der relativistischen Theorie verstehen wir im weitesten Sinne des Wortes die Theorie aller Quantenerscheinungen, für die die Lichtgeschwindigkeit eine wesentliche Rolle spielt. Dementsprechend gehören dazu sowohl die relativistische DIRAC-Theorie und damit zusammenhängende Probleme, als auch die gesamte Quantentheorie der Strahlung.

Neben den Grundlagen der Quantenmechanik sind in dem vorliegenden Buch auch viele Anwendungen derselben enthalten, in viel größerem Umfang, als es üblicherweise in allgemeinen Lehrbüchern der Quantenmechanik der Fall ist. Wir haben nur solche Probleme hier nicht aufgegriffen, deren Untersuchung gleichzeitig eine eingehende Analyse der experimentellen Befunde erfordern würde; das würde unvermeidlich über den Rahmen dieses Buches hinausgehen.

Bei der Darstellung konkreter Probleme haben wir uns um größtmögliche Vollständigkeit bemüht. Im Zusammenhang damit haben wir Hinweise auf die Originalarbeiten als überflüssig erachtet und uns auf die Angabe der jeweiligen Autoren beschränkt.

Wie in den vorhergehenden Bänden haben wir uns bei der Darstellung der allgemeinen Fragen bemüht, nach Möglichkeit das physikalische Wesen der Theorie herauszustellen und darauf den mathematischen Apparat aufzubauen. Das zeigt sich besonders in den ersten Paragraphen dieses Buches, in denen die allgemeinen Eigenschaften der quantenmechanischen Operatoren behandelt werden. Die übliche Darstellung geht von den mathematischen Sätzen über lineare Operatoren aus. Im Gegensatz dazu gehen wir von der physikalischen Problemstellung aus und leiten die mathematischen Forderungen her, die an die Operatoren und die Eigenfunktionen gestellt werden müssen.

Man kann nicht umhin festzustellen, daß die Darstellung in vielen Lehrbüchern der Quantenmechanik komplizierter als in den Originalarbeiten ist. Obwohl eine solche Darstellung gewöhnlich mit größerer Allgemeinheit und Strenge begründet wird, ist jedoch bei aufmerksamer Betrachtung leicht zu erkennen, daß sowohl das eine wie das andere tatsächlich oft illusorisch sind, was sogar soweit geht, daß sich ein beträchtlicher Teil der „strengen“ Sätze als fehlerhaft erweist. Da uns eine solche komplizierte Darstellung völlig ungerechtfertigt erscheint, haben wir uns umgekehrt um denkbar

mögliche Einfachheit bemüht und haben vielfach auf die Originalarbeiten zurückgegriffen.

Einige rein mathematische Angaben haben wir am Ende des Buches als „Mathematische Ergänzungen“ angefügt, um die Darstellung im Text nach Möglichkeit nicht durch Hinwendung zu der rein rechnerischen Seite zu unterbrechen. Diese Ergänzungen sind auch zum Nachschlagen gedacht.

Moskau, im Mai 1947

L. D. LANDAU, E. M. LIFSCHITZ