

# Heidelberger Taschenbücher Band 2



Karl Heinz Hellwege

*Einführung  
in die Physik der Atome*

Vierte, verbesserte Auflage

Mit 80 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin · Heidelberg · New York 1974

Professor Dr. KARL HEINZ HELLWEGE  
Technische Hochschule Darmstadt

ISBN-13: 978-3-540-06565-4      e-ISBN-13: 978-3-642-95254-8  
DOI: 10.1007/978-3-642-95254-8

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist. © by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1964, 1970 and 1974. Library of Congress Catalog Card Number 73-20808.  
Satz,

Betrieb, Würzburg.

## Vorwort zur vierten Auflage

Auch bei dieser, infolge der unveränderten Nachfrage erforderlich gewordenen Neuauflage wurden nur geringfügige Verbesserungen vorgenommen. Die atomaren Konstanten und die (etwas erweiterte) Energie-Umrechnungstabelle sind jetzt in den seit 1970 gesetzlich eingeführten SIU-Einheiten (Système International d'Unités) angegeben. Außerdem sind in einem Anhang die Eigenzustände des Kepler-Problems explizit definiert und bis zu  $n = 4$  tabellarisch zusammengestellt.

Darmstadt, Januar 1974

K. H. H.

## Vorwort zur dritten Auflage

Die Neuauflage ist im wesentlichen ein Wiederabdruck der 2. Auflage. Einige Fehler und mißverständliche Formulierungen wurden beseitigt. Desgleichen wurde die kurze Darstellung der Spektren von Ionen in Kristallfeldern weggelassen, da sie jetzt ausführlicher an anderer Stelle<sup>1</sup> steht. Die internationalen Empfehlungen zum Maßsystem (1960) und zu den atomaren Konstanten (1963) wurden berücksichtigt, d. h. es wird (bis auf einen Faktor  $\mu_0$  bei der Definition des magnetischen Momentes, der beibehalten wurde) im rationalen MKSA-System gerechnet, und die Konstanten werden in den internationalen Einheiten des MKSA-Systems angegeben.

Darmstadt, Dezember 1969

K. H. H.

## Vorwort zur zweiten Auflage

Für die Neuauflage wurde die Darstellung der Mehrelektronensysteme und der Strahlungsprozesse etwas erweitert. Der methodische Charakter des Buches blieb ungeändert. Es soll nach wie vor nicht mehr als ein nützliches Taschenbuch für Studenten und Lehrer sein.

Darmstadt, April 1964

K. H. H.

---

<sup>1</sup> K. H. HELLWEGE: Einführung in die Festkörperphysik II. Heidelberger Taschenbücher Bd. 34, 1970.

## Aus dem Vorwort zur ersten Auflage

Der vorliegende Notdruck enthält die Niederschrift einer zweistündigen Vorlesung, die ich mehrfach für jüngere Semester gehalten habe. Die Vorlesung war als Einführung gedacht und hatte als solche zunächst die Aufgabe, dem Anfänger die methodischen Grundlagen der Quantenphysik zu erläutern. Gleichzeitig sollte sie aber auf dem Spezialgebiet der Elektronenhülle der Atome auch sachlich so weit führen, daß der Hörer sich an Hand ausführlicher Darstellungen über Atomspektren selbst weiterhelfen konnte.

Die didaktische Absicht steht also auch in dem vorliegenden Büchlein im Vordergrund. Deshalb ist mehr Wert auf methodische Lückenlosigkeit als auf stoffliche Vollständigkeit gelegt. — Gerechnet wird im internationalen m-kg-Volt-Ampère-System. Die formelmäßigen Änderungen beim Übergang zum CGS-System sind auf den Umschlagseiten angegeben.

Göttingen, Juli 1949

# Inhaltsverzeichnis

\* vor der Ziffer kennzeichnet die stärker theoretischen Abschnitte, die zunächst übergangen werden können

A. Grundtatsachen und Grundbegriffe . . . . .	1
1. Molbegriff und Massen der Atome . . . . .	1
2. Größe der Atome . . . . .	3
B. Der elektrische Aufbau der Materie . . . . .	5
3. Die elektrische Elementarladung . . . . .	5
4. Bestimmung von $N_L$ aus der Elektrolyse . . . . .	7
5. Die Elektronenmasse . . . . .	7
6. Andere geladene Partikel. . . . .	10
C. Ladungs- und Massenverteilung im Atom. Das Rutherfordsche Atommodell . . . . .	11
7. Nebelkammerbahnen . . . . .	11
8. Streuung von $\alpha$ -Teilchen an Atomkernen . . . . .	12
D. Die Bohr-Sommerfeldsche Theorie des Rutherfordschen Atommodells . . . . .	17
9. Vorbemerkungen aus der Spektroskopie . . . . .	17
10. Das Serienspektrum des H-Atoms . . . . .	18
11. Serienspektren schwerer Atome. Terme . . . . .	20
12. Photoeffekt, Wirkungsquantum, Lichtquanten . . . . .	22
13. Die Bohrsche Theorie des Einelektronensystems . . . . .	25
14. Die Sommerfeldsche Theorie des erweiterten Zentralkraftsystems . . . . .	29
15. Termschema. Grenzkontinuum . . . . .	32
16. Das Bohrsche Korrespondenzprinzip . . . . .	35
17. Grenzen der Bohr-Sommerfeldschen Theorie . . . . .	36
E. Die Wellenmechanik des Einelektronensystems . . . . .	37
18. Materiewellen. Dualismus Welle-Korpuskel . . . . .	37
19. Die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung . . . . .	42
20. Das Einelektronenatom . . . . .	46
21. Operatorgleichungen. Drehimpuls- und Richtungsquantelung . . . . .	54
22. Bahn- und Spinmagnetismus eines Elektrons im Zentralfeld. . . . .	58
F. Die Theorie der Mehrelektronensysteme . . . . .	61
* 23. Schrödinger-Gleichung und Kopplungstypen . . . . .	61
24. Vektorgerüstmodell. Zusammensetzung von Drehimpulsen. Kopplungstypen . . . . .	65

25. Das magnetische Moment eines Atoms . . . . .	69
26. Multiplettstruktur der Russell-Saunders-Terme. Termsymbole und Elektronen-Konfigurationen . . . . .	71
27. Vergleich mit dem Experiment: a) Anregung der Spektren, b) Analyse eines Spektrums, c) Termschemata . . . . .	76
28. Die Hyperfeinstruktur . . . . .	84
G. Atome in äußeren Feldern . . . . .	86
29. Atome im homogenen Magnetfeld . . . . .	86
30. Atome im homogenen elektrischen Feld . . . . .	91
31. Atome im inhomogenen Magnetfeld . . . . .	93
H. Strahlungsprozesse . . . . .	95
33. Auswahlregeln für elektrische Dipolstrahlung: a) Ein Elektron ohne Spin, b) Ein Elektron mit Spin, c) Mehrere Spin-Elektronen, d) Hyperfeinstruktur, e) Die Laportesche Auswahlregel, f) Atome im homogenen äußeren Feld . . . . .	96
34. Übergangswahrscheinlichkeit und mittlere Lebensdauer . . . . .	105
35. Absorption und erzwungene Emission . . . . .	108
36. Elektrische Quadrupol- und magnetische Dipolstrahlung . . . . .	110
I. Matrixdarstellung von Observablen . . . . .	113
* 37. Zeitabhängige Schrödinger-Gleichung. Matrixelemente . . . . .	113
* 38. Strahlungsfelder, Auswahlregeln, Übergangswahrscheinlichkeiten für elektrische Dipolstrahlung . . . . .	115
K. Das Periodische System der Elemente . . . . .	118
39. Ionenvalezenzen und Schalenbau . . . . .	120
40. Pauli-Prinzip und Schalenbau . . . . .	122
41. Bohrsches Aufbauprinzip und Schalenbau . . . . .	127
L. Das Röntgenspektrum . . . . .	131
42. Das Emissionsspektrum . . . . .	132
43. Das Absorptionsspektrum . . . . .	135
44. Die Kosselsche Theorie der Röntgenspektren . . . . .	136
45. Röntgenstreuung und Compton-Effekt . . . . .	142
M. Unschärfe atomarer Beobachtungen . . . . .	145
46. Unbestimmtheitsrelationen . . . . .	145
47. Anwendungen der Unbestimmtheitsrelationen: a) Unbestimmtheit der Elektronenbahnen. b) Breite der Spektrallinien . . . . .	149
Anhang: Die gebundenen Eigenzustände des Keplerproblems . . . . .	153
Namen- und Sachverzeichnis . . . . .	155
Bemerkung zum Maßsystem . . . . .	163
Konstanten der Atomphysik . . . . .	2. Umschlagseite
Energie-Umrechnungstabelle . . . . .	3. Umschlagseite