



Randy Harris

Moderne Physik

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt.

Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Verlag, Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Herausgeber dankbar.

Es konnten nicht alle Rechteinhaber von Abbildungen ermittelt werden. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt.

Authorized translation from the English language edition, entitled MODERN PHYSICS, 2nd Edition by RANDY HARRIS, published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley, Copyright © 2012. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. GERMAN language edition published by PEARSON DEUTSCHLAND GMBH, Copyright © 2013.

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Die gewerbliche Nutzung der in diesem Produkt gezeigten Modelle und Arbeiten ist nicht zulässig.

Fast alle Hardware- und Softwarebezeichnungen und weitere Stichworte und sonstige Angaben, die in diesem Buch verwendet werden, sind als eingetragene Marken geschützt. Da es nicht möglich ist, in allen Fällen zeitnah zu ermitteln, ob ein Markenschutz besteht, wird das © Symbol in diesem Buch nicht verwendet.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

15 14 13

ISBN 978-3-86894-115-9(Print);978-3-86326-609-7(PDF)

© 2013 by Pearson Deutschland GmbH
Martin-Kollar-Straße 10–12, D-81829 München/Germany
Alle Rechte vorbehalten
www.pearson.de
A part of Pearson plc worldwide

Programmleitung: Birger Peil, bpeil@pearson.de
Fachlektorat: Prof. Dr. Ulrich Schollwöck, München
Übersetzung: Dr. Gunnar Radons, projekte@radons.de, Mannheim
Korrektorat: Dipl.-Phys. Carsten Heinisch, Heinisch@redaktor.de, Kaiserslautern
Einbandgestaltung: Thomas Arlt, tarlt@adesso21.net
Herstellung: Philipp Burkart, pburkart@pearson.de
Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig
Druck und Verarbeitung: Drukarnia Dimograf, Bielsko-Biała

Printed in Poland

Moderne Physik - PDF

Inhaltsverzeichnis

Moderne Physik

Impressum

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Grundvoraussetzungen für diese Vorlesung

Organisation des Stoffs

Ergänzungen

Danksagungen

Einleitung

Zum Buch

Inhalt

Handling des Buchs

1 Anbruch eines neuen Zeitalters

1.1 Beunruhigende Fragen

1.2 Ein flüchtiger Blick auf die neue Welt

2 Spezielle Relativitätstheorie

2.1 Grundlagen

2.2 Konsequenzen der Einstein'schen Postulate

2.2.1 Konsequenz I: Relative Gleichzeitigkeit

2.2.2 Konsequenz II: Zeitdilatation

2.2.3 Konsequenz III: Längenkontraktion

2.2.4 Hinweise auf relativistische Effekte

2.3 Die Gleichungen der Lorentz-Transformation

2.3.1 Klassische Galilei'sche Relativitätstheorie

2.3.2 Spezielle Relativitätstheorie

2.3.3 Die Konsequenzen frisch beleuchtet

2.3.4 Wie alles zusammenpasst

2.4 Das Zwillingsparadoxon

2.4.1 Anna, Bastian und Claus

2.4.2 Die Lösung durch Lichtsignale

2.5 Der Doppler-Effekt

2.6 Geschwindigkeitstransformation

2.7 Impuls und Energie

2.7.1 Masse und Energie

2.7.2 Anwendung von Impuls und Energie

2.7.3 Der Teilchenbeschleuniger

2.7.4 Masselose Teilchen

Inhaltsverzeichnis

2.8 Allgemeine Relativitätstheorie und ein erster Blick in die Kosmologie

- 2.8.1 Das Äquivalenzprinzip
- 2.8.2 Gravitationsrotverschiebung und Zeitdilatation
- 2.8.3 Lichtablenkung durch die Sonne
- 2.8.4 Periheldrehung der Merkurbahn
- 2.8.5 Kosmologie

2.9 Die Lichtbarriere

2.10 Die vierte Dimension

- 2.10.1 Vierervektoren
- 2.10.2 Impuls-Energie-Vierervektor

3 Wellen und Teilchen I

3.1 Schwarzkörperstrahlung: Eine neue Elementarkonstante

3.2 Der fotoelektrische Effekt

3.3 Die Erzeugung von Röntgenstrahlen

3.4 Der Compton-Effekt

- 3.4.1 Der Stoß zweier Teilchen
- 3.4.2 Der inelastische Stoß

3.5 Paarerzeugung

3.6 Ist es Welle oder Teilchen?

- 3.6.1 Wellenlänge und Experiment
- 3.6.2 Das Doppelspaltexperiment

4 Wellen und Teilchen II

4.1 Ein Doppelspalt-Experiment

- 4.1.1 Nachweise der Interferenz von Materiewellen
- 4.1.2 Das Bragg'sche Gesetz

4.2 Eigenschaften von Materiewellen

- 4.2.1 Wellenlänge
- 4.2.2 Frequenz
- 4.2.3 Geschwindigkeit

4.3 Die Schrödinger-Gleichung für freie Teilchen

- 4.3.1 Wellen auf einem Seil
- 4.3.2 Elektromagnetische Wellen
- 4.3.3 Materiewellen
- 4.3.4 Wahrscheinlichkeitsdichte
- 4.3.5 Die ebene Welle

4.4 Das Unbestimmtheitsprinzip

- 4.4.1 Das klassische Limit
- 4.4.2 Eine praktische Anwendung
- 4.4.3 Das Unbestimmtheitsprinzip in drei Dimensionen
- 4.4.4 Das Unbestimmtheitsprinzip für Energie und Zeit

Inhaltsverzeichnis

- 4.5 Der keineswegs unsichtbare Beobachter
- 4.6 Das Bohr'sche Atommodell
- 4.7 Die mathematische Grundlage des Unbestimmt-
 - 4.7.1 Gauß'sche Wellenpakete
 - 4.7.2 Umgekehrt proportionale Beziehung

5 Gebundene Zustände: Einfache Fälle

- 5.1 Die Schrödinger-Gleichung
- 5.2 Stationäre Zustände
 - 5.2.1 Der zeitliche Anteil
 - 5.2.2 Der räumliche Anteil
- 5.3 Physikalische Bedingungen: Gutartige Funktionen
 - 5.3.1 Normierung
 - 5.3.2 Stetigkeit
- 5.4 Überblick über klassische gebundene Zustände
- 5.5 Erster Fall: Das Teilchen in der Box – Der unendlich tiefe Potenzialtopf
- 5.6 Zweiter Fall: Der endlich tiefe Topf
- 5.7 Dritter Fall: Der einfache harmonische Oszillator
- 5.8 Erwartungswerte, Unbestimmtheiten und Operatoren
- 5.9 Nichtstationäre Zustände
- 5.10 Der Computeransatz
- 5.11 Wohldefinierte Observable: Eigenwerte

6 Ungebundene Zustände: Barrieren, Tunneleffekt und die Ausbreitung von Welle und Teilchen

- 6.1 Die Potenzialstufe
- 6.2 Potenzialbarriere und Tunneleffekt
 - 6.2.1 Der Tunneleffekt bei breiten Barrieren
- 6.3 Alphazerfall und andere Anwendungen
 - 6.3.1 Die Tunnelodiode
 - 6.3.2 SQUIDs
 - 6.3.3 Feldemission
 - 6.3.4 Das Rastertunnelmikroskop
- 6.4 Ausbreitung von Teilchenwellen
 - 6.4.1 Phasen- und Gruppen-geschwindigkeiten
 - 6.4.2 Ein elektromagnetischer Puls und eine Überraschung

7 Quantenmechanik in drei Dimensionen und das Wasserstoffatom

- 7.1 Die dreidimensionale Schrödinger-Gleichung
 - 7.1.1 Wahrscheinlichkeitsdichte und Normierung
 - 7.1.2 Die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung
 - 7.1.3 Quantenzahlen

Inhaltsverzeichnis

7.2 Der unendlich tiefe dreidimensionale Topf

7.2.1 Entartung

7.2.2 Aufspaltung der Energiezustände

7.3 Energiequantisierung und Spektrallinien beim Wasserstoff

7.3.1 Das Geheimnis der Spektren

7.3.2 Energie und Wellenlängen

7.4 Die Schrödinger-Gleichung einer Zentralkraft

7.5 Winkelabhängigkeiten bei einer Zentralkraft

7.5.1 Die Azimutgleichung

7.5.2 Die Polargleichung

7.5.3 Die Quantisierung von

7.5.4 Richtungsabhängige Wahrscheinlichkeiten

7.6 Das Wasserstoffatom

7.6.1 Entartung

7.6.2 Normierung

7.6.3 Die Aufenthaltsbereiche des Elektrons

7.7 Radiale Wahrscheinlichkeit

7.8 Wasserstoffähnliche Atome

7.9 Überprüfen einer Lösung

7.10 Emission von Photonen: Regeln und Raten

7.10.1 Erlaubte Übergänge

7.10.2 Übergangsrate

8 Spin und Atomphysik

8.1 Hinweise auf die Quantisierung des Drehimpulses: Eine neue Eigenschaft

8.1.1 Drehimpuls und magnetisches Dipolmoment

8.1.2 Der Stern-Gerlach-Versuch

8.1.3 Spin

8.1.4 Spin und Entartung

8.1.5 Elektronenspin: Ein Zwei-Zustand-System

8.1.6 Der Spin eines Photons

8.2 Identische Teilchen

8.2.1 Ein nicht so kleines System

8.2.2 Berücksichtigen des Spins

8.3 Das Ausschussprinzip

8.3.1 Fermionen und das Ausschussprinzip

8.3.2 Bosonen

8.3.3 Zusammengesetzte Teilchen und Paarungen

8.4 Atome mit mehreren Elektronen und das Periodensystem

8.4.1 Die Abhängigkeit der Energie von

8.4.2 Chemische Eigenschaften: Das Periodensystem der Elemente

Inhaltsverzeichnis

- 8.5 Charakteristische Röntgenstrahlung
- 8.6 Die Spin-Bahn-Wechselwirkung
- 8.7 Die Addition von Drehimpulsen
 - 8.7.1 Gute Quantenzahlen
 - 8.7.2 Relativitätstheorie und die Energiezustände im Wasserstoffatom
- 8.8 Äußere Magnetfelder und die z-Achse
 - 8.8.1 Schwaches Feld: Der Zeeman-Effekt
 - 8.8.2 Starke Felder: Der Paschen-Back-Effekt
- 8.9 Anregungsspektren
 - 8.9.1 Der Gesamtspin
 - 8.9.2 LS-Kopplung

9 Statistische Mechanik

- 9.1 Ein einfaches thermodynamisches System
 - 9.1.1 Mikro- und Makrozustände
 - 9.1.2 Gleichgewicht
- 9.2 Entropie und Temperatur
 - 9.2.1 Temperatur
- 9.3 Die Boltzmann-Verteilung
 - 9.3.1 Von der Summe zum Integral
- 9.4 Klassische Mittelwerte
 - 9.4.1 Die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung
- 9.5 Quantenverteilungen
 - 9.5.1 Die Fermi-Energie
- 9.6 Das Quantengas
 - 9.6.1 Energieniveaus bei Leitungselektronen
 - 9.6.2 Das Bose-Gas und die Bose-Einstein Kondensation
- 9.7 Masselose Bosonen: Das Photonengas
 - 9.7.1 Thermodynamik und Licht: Schwarzkörperstrahlung
- 9.8 Der Laser
- 9.9 Spezifische Wärmen
 - 9.9.1 Gase
 - 9.9.2 Festkörper
 - 9.9.3 Das Debye-Modell

10 Bindungen in Molekülen und Festkörpern

- 10.1 Die Bindung von Atomen
- 10.2 Moleküle
 - 10.2.1 Bindende und antibindende Zustände
 - 10.2.2 Bindungstypen und Hybridzustände
- 10.3 Rotation und Schwingung

Inhaltsverzeichnis

10.3.1 Zweiatomige Moleküle

10.3.2 Spektren

10.4 Kristalline Festkörper

10.5 Energiebänder und elektrische Leitung

10.5.1 Wenn N groß wird

10.5.2 Elektrische Leitung

10.6 Leiter, Isolatoren und Halbleiter

10.6.1 Bandbesetzung und Leitfähigkeit

10.6.2 Die Leitfähigkeitslücke

10.7 Halbleitertheorie

10.7.1 Löcher

10.7.2 Dotierung

10.8 Halbleiterbauteile

10.8.1 Diode

10.8.2 Der Transistor

10.9 Supraleitung

10.9.1 Typ-I- und Typ-II-Supraleiter

10.9.2 BCS-Theorie

10.9.3 Hochtemperatur-Supraleiter

10.9.4 Anwendungen

10.10 Fullerene

11 Kernphysik

11.1 Die grundlegende Kernstruktur

11.1.1 Größe

11.2 Bindungen

11.2.1 Ein theoretisches Modell der Stabilität

11.2.2 Beliebige Nukleonenzahl

11.2.3 Stabilität: Die experimentellen Tatsachen

11.3 Kernmodelle

11.3.1 Das Tröpfchenmodell

11.3.2 Das Schalenmodell

11.4 Kernspinresonanz und MRT

11.5 Radioaktivität

11.5.1 Der Alphazerfall

11.5.2 Der Betazerfall

11.5.3 Gammazerfall

11.5.4 Spontaner Kernzerfall

11.5.5 Radioaktive Identifizierung

11.6 Das radioaktive Zerfallsgesetz

11.6.1 Radioaktive Altersbestimmung

Inhaltsverzeichnis

11.7 Kernreaktionen

- 11.7.1 Fission (Kernspaltung)
- 11.7.2 Der Spaltreaktor
- 11.7.3 Kernfusion
- 11.7.4 Der Fusionsreaktor
- 11.7.5 Fission und Fusion im Vergleich

12 Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

12.1 Die Wirkungsweise von Kräften

12.2 Antiteilchen

12.3 Wie viele Kräfte und Teilchen gibt es?

- 12.3.1 Die Starke Kraft
- 12.3.2 Hadronen-Kategorien
- 12.3.3 Innere Eigenschaften
- 12.3.4 Die Kernkraft
- 12.3.5 Die Elektroschwache Kraft
- 12.3.6 Die Gravitationskraft

12.4 Teilchenerzeugung und -nachweis

- 12.4.1 Eine kurze Chronologie
- 12.4.2 Beschleuniger und Detektoren

12.5 Zerfallsmoden und Erhaltungssätze im Standardmodell

- 12.5.1 Neue Erhaltungssätze
- 12.5.2 Feynman-Diagramme

12.6 Parität, Ladungskonjugation und Zeitumkehr

12.7 Vereinheitlichte Theorien und Kosmologie

- 12.7.1 Zurück zur Kosmologie
- 12.7.2 Frühe Zeiten
- 12.7.3 Schlussfolgerung

Anhang

Anhang A Das Michelson-Morley- Experiment

Anhang B Die Lorentz-Transformation: Darstellung von Ereignissen

Anhang C Das Planck'sche Strahlungsgesetz – Die Schwarzkörperstrahlung

Anhang D Berechnen der Fourier-Transformation

Anhang E Der Impulsoperator

Anhang F Zeitliche Entwicklung eines Gauß'schen Wellenpakets

Anhang G Der Operator für

Anhang H Energieverteilungen

Anhang I Eigenschaften der Isotope

Anhang J Wahrscheinlichkeit, Mittelwert, Standardabweichung und Anzahl der Kombinationen

Inhaltsverzeichnis

Anhang K Wichtige Mathematik

Anhang L Lösungen einiger ausgewählter Aufgaben

Kapitel 2

Kapitel 3

Kapitel 4

Kapitel 5

Kapitel 6

Kapitel 7

Kapitel 8

Kapitel 9

Kapitel 10

Kapitel 11

Kapitel 12

Anhang M Bildnachweise

M.1 Fotografische Abbildungen

M.2 Zeichnungen

Sachregister

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Inhaltsverzeichnis

W

Z

Physikalische Konstanten und nützliche Zahlenwerte

Periodensystem der Elemente

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>