

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Großes und Kleines im Universum</b> .....	1
Die Grundlagen: Newton und Kepler .....	1
Das Sonnensystem .....	3
Entfernte Sterne und Galaxien .....	6
Das expandierende Universum .....	10
Der heiße Urknall .....	12
Fernrohr und Mikroskop .....	16
Das Auflösungsvermögen des Mikroskops .....	18
Über das optische Mikroskop hinaus .....	20
Mikroskopische Vorgänge im heißen Urknall .....	23
<b>2. Die beiden Säulen: Relativität und Quantentheorie</b> .....	25
Relativität: Woher kommt $E = mc^2$ ? .....	25
Noch mehr Relativität: Gravitation und Geometrie .....	37
Was unterscheidet einen fallenden Körper von einem beschleunigten? .....	37
Metrik und Linienelement .....	40
Krümmung .....	43
Und es stimmt! .....	50
Quanten, Teilchen und Felder .....	56
Plancks Strahlungsformel .....	56
Diskrete Zustände in Atomen .....	61
Ein erster Versuch: Bohrs Atommodell .....	62
Auf dem Weg zur Quantenmechanik: Wellenfunktionen, Operatoren und die Unbestimmtheitsrelation .....	64
Der Formalismus: Zustandsvektoren, bra's und ket's .....	67
Erwartungswerte und Ströme .....	70
Formaler Beweis der Unbestimmtheitsrelation .....	74
Der quantenmechanische Drehimpuls .....	77
Ein intrinsischer Drehimpuls: der Spin .....	83
Zusammengesetzte Wellenfunktionen .....	86
Zwischenspiel: Das Heisenberg-Bild .....	87
Äquidistante Zustände: Der harmonische Oszillator .....	89

Teilchenerzeugung und -vernichtung in relativistischen Wellengleichungen: Klein-Gordon und Dirac .....	92
Eichinvarianz und Kopplungen.....	101
Quantisierung des Klein-Gordon-Felds .....	106
... und des Dirac-Felds .....	112
Noch ein Zwischenspiel: Spins und Drehungen .....	117
Von Feldoperatoren zu Erwartungswerten .....	120
Wechselwirkende Felder: Elektronen-Streuung als Beispiel .....	124
Allgemeine Baupläne für Amplituden .....	132
Eine Komplikation: Höhere Ordnungen .....	136
Schleifendiagramme oder Wie man aus der Not eine Tugend macht .....	137
Renormierung .....	139
<b>3. Das Standardmodell der Teilchenphysik .....</b>	<b>143</b>
Einstieg: Der Isospin als innere Quantenzahl.....	143
Die Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung .....	145
Seltsamkeit und $SU(3)$ .....	150
Partonen in der tiefinelastischen Streuung .....	159
Quarks und Gluonen .....	168
Eine andere Wechselwirkung, ein anderer Prozess: der $\beta$ -Zerfall .	183
Rechtsherum und linksherum sind nicht dasselbe .....	193
Genaueres über die schwache Wechselwirkung zwischen Quarks .	200
Eine neue Theorie: schwache und elektromagnetische Wechselwirkung unter einem Dach .....	204
Endliche Massen: der Higgs-Mechanismus .....	212
Die Bestätigung im Experiment.....	220
Quarks im Standardmodell .....	224
$CP$ -Verletzung: drei Quark-Generationen passen ins Bild .....	229
Eine mögliche Modifikation: Neutrino-Oszillationen.....	234
Zum Schluss: eine Standortbestimmung und einige Spekulationen .....	242
<b>4. Kosmologie .....</b>	<b>253</b>
Das expandierende Universum: von Newton zu Einstein und Friedmann .....	254
Dichte, Temperatur und Wellenlängen im Laufe der Entwicklung .....	261
Chemie im Urknall: Wie sind Atome und Atomkerne entstanden? .....	268
Das erste Rätsel: Dunkle Materie .....	274
„Exotische“ Kandidaten für Dunkle Materie .....	280
Weitere Fragen: Horizonte und Flachheit .....	285
Die mögliche Antwort: Eine kosmologische Konstante .....	287
Inflation!.....	290

Szenenwechsel: Kosmische Strahlung .....	302
Fermis Beschleunigungs-Mechanismus .....	307
Was geschieht im Sterntod? .....	311
<b>A. Einige mathematische Werkzeuge</b> .....	317
Der Cauchysche Integralsatz, die $\delta$ -Funktion und Fourier-Transformationen .....	317
Gruppen .....	320
<b>B. Grundbegriffe der klassischen Elektrodynamik</b> .....	327
Elektrizität .....	327
Magnetismus .....	330
Magnetische Induktion .....	335
Die Konsequenzen der Verschiebung: elektromagnetische Wellen	336
<b>C. Thermodynamik und Statistische Mechanik</b> .....	343
Das ideale Gas .....	343
Kinetische Theorie der Gase .....	345
Erster Hauptsatz und statistische Mechanik .....	347
Quantenstatistik .....	350
Zum Abschluss: Thermischer Mittelwert von bosonischen Feldern .....	354
<b>D. Wahrscheinlichkeiten und Verteilungen</b> .....	357
Binomial-Verteilung .....	359
Poisson-Verteilung .....	359
Gauß-Verteilung .....	362
Negative Binomial- und Exponential-Verteilung .....	363
<b>E. Zerfallsraten und Wirkungsquerschnitte</b> .....	367
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	373
<b>Index</b> .....	381