

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>Vorwort zur deutschen Auflage</b>	<b>9</b>
<b>1 Einführung: Klassische Grundlagen</b>	<b>11</b>
1.1 Vorbemerkungen	13
1.1.1 Einheiten	13
1.1.2 Wissenschaftliche Schreibweise	14
1.1.3 Signifikante Stellen	15
1.2 Mechanik	17
1.2.1 Kinematik	17
1.2.2 Dynamik	23
1.3 Kräfte	27
1.3.1 Das Newton'sche Gravitationsgesetz	28
1.3.2 Planetenbewegung	30
1.3.3 Das Coulomb'sche Gesetz	32
1.4 Erhaltungssätze	33
1.4.1 Impuls	34
1.4.2 Arbeit und Leistung	36
1.4.3 Energie	38
1.4.4 Energieerhaltung	41
1.4.5 Potentielle Energie im Schwerfeld	44
1.5 Wellen	46
1.5.1 Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz	47
1.5.2 Interferenz	50
1.5.3 Stehende Wellen	53
<b>2 Spezielle Relativitätstheorie</b>	<b>57</b>
2.1 Einsteins Postulate	59
2.1.1 Das Relativitätsprinzip	59
2.1.2 Die Universalität der Lichtgeschwindigkeit	62
2.2 Konsequenzen	65
2.2.1 Die Relativität der Gleichzeitigkeit	65
2.2.2 Zeitdilatation	67
2.2.3 Längenkontraktion	70
2.3 Paradoxien	73
2.3.1 Das Paradoxon der Längenkontraktion	74

2.3.2	Das Paradoxon der Zeitdilatation . . . . .	75
2.3.3	Das Scheunenparadoxon . . . . .	76
2.3.4	Das Zwillingsparadoxon . . . . .	77
2.4	Relativistische Mechanik . . . . .	79
2.4.1	Masse und Impuls . . . . .	79
2.4.2	Energie . . . . .	82
2.4.3	Masselose Teilchen . . . . .	86
2.5	Die Struktur der Raumzeit . . . . .	87
<b>3</b>	<b>Quantenmechanik</b>	<b>93</b>
3.1	Photonen . . . . .	95
3.1.1	Die Planck-Formel . . . . .	95
3.1.2	Der photoelektrische Effekt . . . . .	96
3.1.3	Der Compton-Effekt . . . . .	98
3.1.4	de Broglies Hypothese . . . . .	99
3.2	Das Bohr'sche Atommodell . . . . .	101
3.2.1	Zulässige Energien . . . . .	102
3.3	Quantenmechanik . . . . .	107
3.3.1	Welle-Teilchen-Dualismus . . . . .	107
3.3.2	Die Wellenfunktion . . . . .	107
3.3.3	Borns Wahrscheinlichkeitsinterpretation . . . . .	108
3.3.4	Unbestimmtheit . . . . .	110
3.3.5	Unschärfe . . . . .	110
3.3.6	Der Tunneleffekt . . . . .	113
3.4	Was ist an der Quantenmechanik so seltsam? . . . . .	114
3.4.1	Drei Philosophien . . . . .	116
3.4.2	Das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon . . . . .	118
3.4.3	Bells Beweis . . . . .	120
3.4.4	Nichtlokalität . . . . .	121
3.4.5	Schrödingers Katze . . . . .	122
<b>4</b>	<b>Elementarteilchenphysik</b>	<b>125</b>
4.1	Die frühe Periode (1897–1932) . . . . .	127
4.1.1	Elektronen, Protonen und Neutronen . . . . .	127
4.1.2	Atome . . . . .	128
4.1.3	Atomkerne . . . . .	132
4.2	Die mittleren Jahre (1930–1960) . . . . .	139
4.2.1	Neutrinos (1930–1956) . . . . .	139
4.2.2	Mesonen (1934–1947) . . . . .	141
4.2.3	Seltsame Teilchen (1947–1960) . . . . .	143
4.3	Das moderne Zeitalter (1961–1978) . . . . .	146
4.3.1	Der Achtfache Weg (1961) . . . . .	146
4.3.2	Das Quarkmodell (1964) . . . . .	149
4.3.3	Die Novemberrevolution der Physik (1974) . . . . .	152

4.3.4	Das Standardmodell (1978)	154
4.4	Wechselwirkungen	157
4.4.1	Elektrodynamik	158
4.4.2	Chromodynamik	162
4.4.3	Schwache Wechselwirkung	164
4.4.4	Erhaltungssätze	167
4.4.5	Vereinheitlichung	171
<b>5</b>	<b>Kosmologie</b>	<b>173</b>
5.1	Expansion des Universums	176
5.1.1	Sterne und Galaxien	176
5.1.2	Die kosmologische Rotverschiebung	178
5.1.3	Das Hubble-Gesetz	179
5.1.4	Der Urknall	182
5.2	Der kosmische Mikrowellenhintergrund	183
5.2.1	Schwarzkörperstrahlung	183
5.2.2	Arno Penzias und Robert Wilson	186
5.3	Der Ursprung der Materie	188
5.3.1	Leichte Elemente	189
5.3.2	Schwere Elemente	189
5.3.3	Sterne und Galaxien	190
5.4	Ungelöste Rätsel	191
5.4.1	Die Dunkle Materie	191
5.4.2	Die Gestalt des Universums	192
5.4.3	Die Zukunft	195
5.4.4	Die Dunkle Energie	196
	<b>Index</b>	<b>198</b>
	<b>Bildnachweise</b>	<b>205</b>
	<b>Die Physiker vom Umschlag</b>	<b>206</b>