

# Inhalt

**Vorwort** XIII

**Danksagung** XVII

**1 Die Physik im 20. Jahrhundert** 1

**Röntgenstrahlung und Radioaktivität** 3

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen 3

Die Natur der Röntgenstrahlen 6

Röntgenstrahlen heute 8

Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) 9

Der Nobelpreis 12

Die Entdeckung der Radioaktivität 12

Radium und Polonium 14

Die verschiedenen Arten radioaktiver Strahlen 15

Marie Curie (1867–1934) 19

Literaturhinweise 22

**Quanten im Mikrokosmos** 23

Schwarze Strahler 23

Lichtquanten 25

Max Planck (1858–1947) 28

Das Atom als kleines Planetensystem 32

Das Bohrsche Atommodell 34

Der Spin und das Pauli-Prinzip	37
Niels Henrik David Bohr (1885–1962)	38
Materiewellen	40
Die Schrödinger-Gleichung	42
Wellenfunktionen	43
Messungen im Mikrokosmos und die Heisenbergsche Unschärferelation	44
Erwin Schrödinger (1887–1961)	47
Verschränkung oder spukhafte Fernwirkung	49
Literaturhinweise	51
Weiterführende Bücher	51

## **Albert Einstein und die Relativität** 53

Was ist Zeit?	53
Die Synchronisation von Uhren	54
Die besondere Rolle des Lichts	56
Die Relativität der Zeit	57
Das Zwillingsparadoxon	59
Masse wird Energie	61
Albert Einstein (1879–1955)	63
Materie krümmt Raum und Zeit	68
Masse krümmt Lichtbahnen	71
Gravitationslinsen	72
Gravitationswellen	73
Literaturhinweise	74
Weiterführende Literatur	74

## **Atomkerne und Atombomben** 75

Atomkerne als Stecknadelköpfe	75
Tröpfchen oder Zwiebeln?	78
Ernest Rutherford (1871–1937)	80
Kernspaltung	82

Darmstadtium	84
Otto Hahn (1879–1968) und Lise Meitner (1878–1968)	87
Wie es zur Atombombe kam	92
Das Manhattan Projekt der USA	93
Literaturhinweise	95
Weiterführende Bücher	95
<b>Elementare Bausteine und fundamentale Kräfte</b>	97
Das Elektron	98
Das Positron	100
Antimaterie	101
Die »Verwandten« des Elektrons	102
Winziger Effekt mit großer Wirkung	103
Kräfte und Austauschteilchen	104
Richard Feynman (1918–1988)	106
Ist das Proton elementar?	109
Die »unfreien« Quarks	112
Der lange Weg zum Nachweis der Neutrinos	114
Austauschteilchen der schwachen Wechselwirkung	116
Enrico Fermi (1901–1954)	117
Das Standardmodell	122
Das Geheimnis der Teilchenmassen	123
Die Weltmaschine	124
Literaturhinweise	126
Weiterführende Bücher	126
<b>Sonnen und schwarze Löcher</b>	127
Der »Ofen« unseres Planetensystems	127
Neutrinos von der Sonne	130
Der Lebenszyklus der Sonne	131
Hans Albrecht Bethe (1906–2005)	133
Schwarze Löcher	136

»Schwarze Löcher haben keine Haare« 138

Stephen Hawking (\*1942) 140

Literaturhinweise 142

Weiterführende Literatur 142

## **Der Urknall und das Universum 143**

Die Vermessung des Universums 144

Die »große Debatte« 146

Die Expansion des Universums 147

Edwin Hubble (1889–1953) 149

Der Urknall wurde am Schreibtisch entdeckt 151

George Lemaître (1894–1966) 154

Am Anfang war es heiß 156

Ein »Foto« des frühen Universums 158

Dunkle Materie und Dunkle Energie 160

Vom Urknall bis heute 162

Die Zukunft unseres Universums 166

Weiterführende Bücher 167

## **2 Die Physik im 16. und 17. Jahrhundert 169**

### **Planetensysteme 171**

Die Vorstellungen in der Antike 172

Nikolaus Kopernikus (1473–1543) 175

Das heliozentrische System des Kopernikus 178

Das Observatorium des Tycho Brahe 181

Johannes Kepler (1571–1630) 184

Ellipsen als Planetenbahnen 186

Planeten um andere Sonnen 188

Die Entstehung von Planetensystemen 189

Literaturhinweise 191

Weiterführende Literatur 191

## **Fallende Körper, Jupitermonde und ein Prozess** 193

Fallende Körper 194

Experimente an der schiefen Ebene 196

Galileo Galilei (1564–1642) 198

Der Blick durch das Fernrohr 201

Die Mondoberfläche 202

Die Jupitermonde 202

Das fliegende Fernrohr 205

Der Prozess vor dem Inquisitionsgericht 209

Literaturhinweise 212

Weiterführende Literatur 212

## **Licht und Zeit** 213

Spiegelung und Brechung 213

Die Entdeckung des Brechungsgesetzes 215

René Descartes (1596–1650) 216

Die Farben des Sonnenlichts 218

Farben in der Natur 220

Lichtgeschwindigkeit 221

Die Pendeluhr 224

Die Atomuhr 226

Christiaan Huygens (1629–1695) 227

Licht – Welle oder Teilchen? 229

Literaturhinweise 232

## **Isaac Newton und die Gesetze der Bewegung** 233

Eine Einheit für die Kraft 233

Die universelle Schwerkraft 234

Isaac Newton (1643–1727) 239

Kindheit und Jugend 239

Studium und wissenschaftliche Arbeit 240

Öffentliches Wirken 243

Das allgemeine Gesetz der Bewegung	244
Determinismus und Chaos	247
Ein Schlusswort von Einstein	249
Literaturhinweise	250
Weiterführende Literatur:	250
 <b>3 Die klassische Physik des 18. und 19. Jahrhunderts</b>	 251
 <b>Wärme, Energie und die industrielle Revolution</b>	 253
James Watt und die Dampfmaschine	253
Die verschiedenen Aspekte der Wärme	256
Temperatur und ihre Messung	257
Wärme: Substanz oder Bewegungsenergie?	259
Graf Rumford alias Benjamin Thompson (1753–1814)	260
Wärme und Arbeit	263
Der Weg zum Erhaltungssatz der Energie	264
Hermann von Helmholtz (1821–1894)	267
Umwandlung von Wärme in Arbeit	270
Die »Dampfmaschine des Lebens«	273
Literaturhinweise	274
 <b>Materie besteht aus Atomen</b>	 275
Der Ursprung des Atombegriffs	275
Das Atom der Chemiker	276
Größe und Zahl der Atome	278
Joseph Loschmidt (1821–1895)	281
Moleküle machen Druck	282
Statistische Methoden	284
Geordnete und ungeordnete mikroskopische Verteilungen	286
Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre	287
Ludwig Boltzmann (1844–1906)	289

Kristalle 291

Literaturhinweise 294

## **Elektrizität, Magnetismus und Licht 295**

Elektrizität durch Reibung 295

Die Kraft zwischen elektrischen Ladungen 297

Die Erfindung der Batterie 298

Elektrische Ströme und ihre magnetischen Wirkungen 299

Michael Faraday (1791–1867) 302

Magnetismus in Elektrizität umwandeln 304

Feldlinien erklären Fernkräfte 305

Die wunderbare Theorie des Elektromagnetismus 307

James Clerk Maxwell (1831–1879) 309

Elektromagnetische Wellen und die Natur des Lichts 311

Heinrich Hertz (1857–1894) 315

Die Physik wächst zusammen 317

Literaturhinweise 317

## **4 Die Zukunft der Physik 319**

**Auf dem Weg zu einer einheitlichen Beschreibung der Natur 321**

Literaturhinweise 324

**Literatur 325**

**Kurzbiographien ausgewählter Wissenschaftler 327**

**Glossar wichtiger physikalischer Begriffe 333**

**Register 337**