

Klaus Bethge
Gertrud Walter
Bernhard Wiedemann

Kernphysik

Eine Einführung

3., aktualisierte und erweiterte Auflage

.1 Springer

Inhaltsverzeichnis

Kästen zur Vertiefung	xix
Glossar der Symbole	xxi
1. Einleitung	1
1.1 Was ist Kernphysik?	1
1.2 Ziele der kernphysikalischen Forschung	2
1.3 Historischer Überblick	5
1.4 Begriffe und Nomenklatur	27
2. Äußere Eigenschaften der Atomkerne	33
2.1 Ladung der Atomkerne	33
2.2 Masse der Atomkerne	33
2.3 Größe, Ladungsverteilung, Massenverteilung	37
2.4 Übungen	45
3. Innere Eigenschaften von Atomkernen	47
3.1 Bindungsenergien — Tröpfchenmodell	47
3.2 Spins	52
3.3 Elektrische und magnetische Momente	57
3.3.1 Magnetisches Dipolmoment	59
3.3.2 Elektrisches Quadrupolmoment	64
3.3.3 Experimentelle Methoden	65
3.3.4 Die Spins und magnetischen Momente von Proton und Neutron	68
3.4 Parität	70
3.5 Anregungsenergien	71
3.6 Isospin	72
3.7 Übungen	74
4. Kernmodelle	77
4.1 Thomas-Fermi-Modell	78
4.2 Einzelteilchenmodell — Schalenmodell der Atomkerne	84
4.2.1 Einzelteilchenmodell in sphärischen Koordinaten	85

4.2.2	Einzelteilchenmodell in deformierten Potentialen	95
4.2.3	Teilchenkorrelationen	..... 95
4.3	Kollektive Kernmodelle	.... 100
4.3.1	Kernrotationen	.... 102
4.3.2	Kernvibrationen	.... 108
4.3.3	Kopplung von Einzelteilchen an die Kollektivbewegung	109
4.3.4	Riesenresonanzen	.... 109
4.4	Exotische Kerne	.... 111
4.5	Übungen	.... 114
5.	Experimentelle Verfahren der Kernphysik	..... 117
5.1	Energieverlust von Strahlung beim Durchgang durch Materie	117
5.1.1	Wechselwirkung geladener Teilchen	..... 118
5.1.2	Elektromagnetische Strahlung in Materie	..... 127
5.2	Messung kernphysikalischer Bestimmungsgrößen	..... 134
5.2.1	Impulsmessung	..... 135
5.2.2	Energiesmessung	..... 140
5.2.3	Zeitmessung	..... 149
5.3	Detektorsysteme	..... 153
5.4	Beschleuniger	..... 156
5.4.1	Kaskadenbeschleuniger (Kaskadengenerator)	..... 156
5.4.2	Bandgenerator	..... 158
5.4.3	Zyklotron	..... 159
5.4.4	Synchrotron	..... 161
5.4.5	Linearbeschleuniger	..... 163
5.4.6	Hochfrequenz-Quadrupol-Beschleuniger (RFQ)	..... 165
5.5	Übungen	..... 166
6.	Streuprozesse und Kernreaktionen	..... 169
6.1	Erhaltungssätze	..... 169
6.2	Wirkungsquerschnitt	..... 175
6.3	Wechselwirkungen zwischen Atomkernen	..... 182
6.3.1	Streuprozesse	..... 183
6.3.2	Kernreaktionen	..... 192
6.3.3	Kernreaktionen bei hohen Energien	..... 213
6.4	Übungen	..... 218
7.	Kernzerfälle — Radioaktivität	..... 221
7.1	Radioaktives Zerfallsgesetz	..... 221
7.2	Alpha-Zerfall	..... 228
7.2.1	Protonen-Zerfall	..... 236
7.2.2	Cluster-Emission	..... 238
7.3	Kernspaltung	..... 239
7.4	Beta-Zerfall	..... 244
7.4.1	Phänomenologie des Beta-Zerfalls	..... 244

7.4.2	Systematik der Beta-Zerfälle	248
7.4.3	Fermi-Theorie des Beta-Zerfalls	250
7.4.4	Neutrinos	254
7.4.5	Beta-Zerfall in gebundene Zustände	259
7.4.6	Nichterhaltung der Parität im Beta-Zerfall	261
7.5	Gamma-Übergänge, Multipolstrahlung	267
7.5.1	Kernisomerie	271
7.5.2	Konversionsprozesse	272
7.6	Mößbauer-Effekt	273
7.7	Übungen	277
8.	Kernkräfte	281
8.1	Das Deuteron	281
8.2	Streuzustände	282
8.2.1	Streuzustände im Zwei-Nukleonensystem	282
8.2.2	Streuzustände zur Bestimmung der Spin-Bahn-Wechselwirkung	284
8.3	Das phänomenologische Kernpotential	285
8.4	Vom Quark zum Kern	289
8.5	Der Nukleonenspin	294
8.6	Übungen	297
9.	Anwendungen der Kernphysik	299
9.1	Kernenergie	299
9.1.1	Kernkraftwerke	300
9.1.2	Energiegewinnung aus Fusionsreaktionen	304
9.2	Astrophysik	310
9.2.1	Energieerzeugungszyklen in Sternen	311
9.2.2	Prozesse der Elemententstehung	313
9.3	Datierungen	315
9.4	Festkörperphysik und Materialforschung	318
9.4.1	Elementanalyse	318
9.4.2	Strukturanalyse	324
9.5	Medizin	326
9.5.1	Biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz	326
9.5.2	Szintigraphie	332
9.5.3	Tumorthherapie	335
9.5.4	Positronen-Emissionstomographie	341
9.5.5	Kernspin-Tomographie (MRT)	342
9.6	Übungen	349
10.	Ausblick	351
A.	Physikalische Konstanten	355

B. Nützliche Internet-Adressen	357
C. Lösungen zu den Übungen	361
Literaturverzeichnis	383
Originalliteratur	383
Lehrbücher und weiterführende Literatur	394
Sachverzeichnis	397
Farbige Nuklidtafel	411
Die schwersten Elemente und ihre Erzeugung	412