

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

1	Entdeckung der Radioaktivität, natürliche Radioaktivität	1
1.1	Entdeckung	1
1.2	Natürliche Radioaktivität	2
1.3	Die kosmische Strahlung	3
1.4	Strahlenarten und natürliche Zerfallsreihen	5
1.5	Zerfallsgesetze, radioaktives Gleichgewicht	10
1.6	Die Entdeckung des Atomkerns (Rutherford-Streuung)	14
1.7	Wirkungsquerschnitt und Massenbelegung	17
1.8	Übungsaufgaben	19
2	Die statistische Natur des radioaktiven Zerfalls	21
2.1	Übungsaufgaben	25
3	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	27
3.1	Wechselwirkung geladener Teilchen mit Materie	27
3.1.1	Wechselwirkung schwerer, geladener Teilchen mit Materie	28
3.1.2	Wechselwirkung von Elektronen mit Materie	36
3.1.3	Wechselwirkung von Positronen mit Materie	41
3.2	Wechselwirkung von Neutronen mit Materie	42
3.3	Wechselwirkung von Photonenstrahlung mit Materie	44
3.3.1	Compton-Streuung	45
3.3.2	Photoeffekt	48
3.3.3	Paarbildung	50
3.3.4	Totaler Absorptionsquerschnitt	51
3.4	Sekundärprozesse	54
3.5	Übungsaufgaben	54
4	Strahlungsdetektoren	57
4.1	Prinzipien	57
4.1.1	Kalorimeter	57

4.1.2	Gas-Ionisationsdetektoren	58
4.1.3	Festkörper-Ionisationsdetektoren	66
4.1.4	Szintillationsdetektoren	69
4.1.5	Cerenkov-Detektor	72
4.1.6	Teilchenspurdetektoren	73
4.1.7	Thermolumineszenzdetektoren	76
4.1.8	Spezialdetektoren	77
4.2	Elektronische Impulsverarbeitung	78
4.3	Übungsaufgaben	81
5	Neue Teilchen und künstliche Radioaktivität	85
5.1	Isotope	85
5.2	Die Entdeckung des Neutrons	86
5.3	Die Entdeckung des Positrons	86
5.4	Künstliche Radioaktivität	88
5.5	Übungsaufgaben	89
6	Aufbau der Atomkerne	91
6.1	Kernmassen	91
6.1.1	Statische elektrische und magnetische Felder	91
6.1.2	Massenspektrometer	94
6.1.3	Massenbestimmung über Kernumwandlungen	96
6.2	Die Größe des Atomkerns	99
6.3	Übungsaufgaben	105
7	Das Tröpfchenmodell des Atomkerns	107
7.1	Isotopentafel	107
7.2	Das Tröpfchenmodell	109
7.3	Stabilität gegen β -Zerfall	113
7.4	Stabilität gegen Nukleonemission	115
7.5	Stabilität gegen Spaltung	115
7.6	Übungsaufgaben	117
8	Die quantenmechanische Behandlung des Atomkerns	119
8.1	Grundlagen	119
8.2	Zur Lösung der Schrödinger-Gleichung	122
8.3	Das Schalenmodell, Einzelteilchenniveaus	125
8.4	Kollektive Anregungen	130
8.5	Kernmomente	132
8.5.1	Elektrische Momente	132
8.5.2	Magnetische Momente	135
8.6	Experimentelle Bestimmung von Kernspin und -momenten	138
8.6.1	Kernspin	138
8.6.2	Kernmomente	139
8.7	Niveauübergänge	142

- 8.8 Übungsaufgaben 149
- 9 Der Mößbauer-Effekt 153**
 - 9.1 Nukleare Resonanzabsorption 153
 - 9.2 Natürliche Linienbreiten 157
 - 9.3 Anwendungen der Mößbauer-Spektrometrie 158
 - 9.4 Übungsaufgaben 161
- 10 Die Theorie des α -Zerfalls 163**
 - 10.1 Modell des α -Teilchens im Potential des Restkerns 163
 - 10.2 Ergänzende Bemerkungen zum α -Zerfall 165
 - 10.3 Übungsaufgaben 167
- 11 Der β -Zerfall 169**
 - 11.1 Das β -Spektrum 169
 - 11.2 Fermis Theorie des β -Zerfalls 171
 - 11.3 Der experimentelle Nachweis des Neutrinos 176
 - 11.4 Die Neutrinomassen 177
 - 11.5 Die schwache Wechselwirkung 180
 - 11.6 β -Übergänge: Drehimpulse, Matrixelemente, Kopplungskonstante 181
 - 11.7 Die Paritätsverletzung 183
 - 11.8 Übungsaufgaben 189
- 12 Kernreaktionen 191**
 - 12.1 Grundlagen 191
 - 12.2 Erhaltungssätze und Kinematik 194
 - 12.3 Qualitativer Verlauf von Anregungsfunktionen 198
 - 12.4 Die quantenmechanische Behandlung der Streuung 200
 - 12.5 Kernpotentiale und das optische Modell 209
 - 12.6 Die R-Matrix-Theorie 211
 - 12.7 Reaktionsmodelle 215
 - 12.7.1 Compoundkernreaktionen 216
 - 12.7.2 Direkte Kernreaktionen 222
 - 12.8 Übungsaufgaben 225
- 13 Kernspaltung 227**
 - 13.1 Zur Geschichte der Kernspaltung 227
 - 13.2 Physikalische Grundlagen, Kettenreaktion 229
 - 13.3 Die Atombombe 233
 - 13.4 Physik der Kernreaktoren 244
 - 13.5 Typen von Kernreaktoren 248
 - 13.5.1 Leichtwasserreaktor: Siedewasserreaktor (BWR – Boiling Water Reactor), Druckwasserreaktor (DWR – Pressurized Water Reactor) 249
 - 13.5.2 Natururanreaktor (CANDU-Reaktor) 253
 - 13.5.3 Graphitmoderierte Reaktoren 254

- 13.5.4 Schneller Brüter 257
- 13.6 Sicherheitsbewertung und Risiko 258
- 13.7 Reaktorunfälle 262
- 13.8 Beitrag der Kernenergie zur weltweiten Energiegewinnung 266
- 13.9 Ein natürlicher Kernreaktor 267
- 13.10 Übungsaufgaben 271

- 14 Kernfusion 273**
 - 14.1 Physikalische Grundlagen 273
 - 14.2 Die Fusionsbombe 278
 - 14.3 Fusionsreaktoren 281
 - 14.3.1 Trägheitseinschluss 282
 - 14.3.2 Magnetfeldeinschluss 287
 - 14.3.3 Probleme und potentielle Gefahren von Fusionsreaktoren 298
 - 14.4 Übungsaufgaben 302

- 15 Elementsynthese 303**
 - 15.1 Übungsaufgaben 309

- 16 Dosimetrie und die biologische Wirkung von Strahlung 311**
 - 16.1 Das Dosiskonzept 311
 - 16.1.1 Grundlagen und grundlegende Größen 311
 - 16.1.2 Angewandte Dosiskonzepte und Dosisgrößen 317
 - 16.2 Die biologische Wirkung der Strahlung 318
 - 16.2.1 Wirkung radioaktiver Strahlung 318
 - 16.2.2 Deterministische Schäden 321
 - 16.2.3 Stochastische Schäden 323
 - 16.2.4 Individuelle Unterschiede der Strahlenempfindlichkeit 325
 - 16.2.5 Hormesis 329
 - 16.3 Die Strahlenbelastung des Menschen 331
 - 16.3.1 Externe Strahlenbelastung 332
 - 16.3.2 Interne Strahlenbelastung 335
 - 16.3.3 Belastung durch Radon 338
 - 16.4 Strahlentherapie 341
 - 16.5 Übungsaufgaben 346

- 17 Beschleuniger 347**
 - 17.1 Elektrostatische Beschleuniger 347
 - 17.1.1 Cockcroft-Walton-Beschleuniger 348
 - 17.1.2 Van de Graaff-Beschleuniger 349
 - 17.1.3 Tandembeschleuniger 350
 - 17.2 Elektrodynamische Beschleuniger 351
 - 17.2.1 Linearbeschleuniger [200] 352
 - 17.2.2 Ringbeschleuniger 357
 - 17.3 Übungsaufgaben 374

18	Elementarteilchen	377
18.1	Die Idee der Elementarteilchen	377
18.2	Entdeckungen der Hochenergiephysik	378
18.3	Austauschkräfte und Wechselwirkungsteilchen	382
18.4	Der Weg zum Standardmodell	384
18.5	Das Standardmodell	388
18.5.1	Erhaltungssätze und Symmetrie	389
18.5.2	Leptonen	392
18.5.3	Hadronen	397
18.5.4	Der Higgs-Mechanismus	400
18.6	Vereinheitlichte Theorie	403
18.7	Übungsaufgaben	407
Anhang A	Wellen und ihre mathematische Darstellung	409
Anhang B	Die δ-Distribution (Dirac'sche δ-Funktion)	413
Anhang C	Vektoren und Differentialoperatoren	415
Anhang D	Einige formale Grundlagen der Quantenmechanik	425
Anhang E	Störungsrechnung und Fermis Goldene Regel	435
Anhang F	Die Born'schen Näherungen	439
Anhang G	Feynman-Diagramme	443
	Literaturverzeichnis	447
	Personenverzeichnis	459
	Sachverzeichnis	467