

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 (PWR – 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	Austauschkraft 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