

## Inhaltsverzeichnis

### Vorwort XI

<b>1</b>	<b>Entdeckung der Radioaktivität, natürliche Radioaktivität</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Die statistische Natur des radioaktiven Zerfalls</b>	<b>21</b>
2.1	Übungsaufgaben	25
<b>3</b>	<b>Wechselwirkung von Strahlung mit Materie</b>	<b>27</b>
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
<b>4</b>	<b>Strahlungsdetektoren</b>	<b>57</b>
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
<b>5</b>	<b>Neue Teilchen und künstliche Radioaktivität</b>	<b>85</b>
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
<b>6</b>	<b>Aufbau der Atomkerne</b>	<b>91</b>
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
<b>7</b>	<b>Das Tröpfchenmodell des Atomkerns</b>	<b>107</b>
7.1	Isotopentafel	107
7.2	Das Tröpfchenmodell	109
7.3	Stabilität gegen $\beta$ -Zerfall	113
7.4	Stabilität gegen Nukleonemission	115
7.5	Stabilität gegen Spaltung	115
7.6	Übungsaufgaben	117
<b>8</b>	<b>Die quantenmechanische Behandlung des Atomkerns</b>	<b>119</b>
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  $\alpha$ -Zerfalls    163**
- 10.1     Modell des  $\alpha$ -Teilchens im Potential des Restkerns    163
- 10.2     Ergänzende Bemerkungen zum  $\alpha$ -Zerfall    165
- 10.3     Übungsaufgaben    167
  
- 11      Der  $\beta$ -Zerfall    169**
- 11.1     Das  $\beta$ -Spektrum    169
- 11.2     Fermis Theorie des  $\beta$ -Zerfalls    171
- 11.3     Der experimentelle Nachweis des Neutrinos    176
- 11.4     Die Neutrinomassen    177
- 11.5     Die schwache Wechselwirkung    180
- 11.6      $\beta$ -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

<b>18</b>	<b>Elementarteilchen</b>	<b>377</b>
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
<b>Anhang A</b>	<b>Wellen und ihre mathematische Darstellung</b>	<b>409</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Die <math>\delta</math>-Distribution (Dirac'sche <math>\delta</math>-Funktion)</b>	<b>413</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Vektoren und Differentialoperatoren</b>	<b>415</b>
<b>Anhang D</b>	<b>Einige formale Grundlagen der Quantenmechanik</b>	<b>425</b>
<b>Anhang E</b>	<b>Störungsrechnung und Fermis Goldene Regel</b>	<b>435</b>
<b>Anhang F</b>	<b>Die Born'schen Näherungen</b>	<b>439</b>
<b>Anhang G</b>	<b>Feynman-Diagramme</b>	<b>443</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>447</b>
	<b>Personenverzeichnis</b>	<b>459</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>467</b>