

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XI
1	Nukleonik	1
1.1	Aufbau des Atomkerns	1
1.1.1	Nukleonen	1
1.1.2	Nuklide	2
1.1.3	Stabilität der Nuklide	4
1.1.4	Radioaktive Stoffe	7
1.2	Eigenschaften des Atomkerns	7
1.2.1	Ladung und Radius	7
1.2.2	Nuklidmasse und Kernbindungsenergie	11
1.2.3	Drehimpuls, Parität, magnetisches und elektrisches Moment	17
1.3	Modelle des Atomkerns	18
1.3.1	Gestalt des Atomkerns	21
1.4	Elementarteilchen	23
1.4.1	Quarkmodell der Elementarteilchen	26
1.4.2	Die Elementarteilchenphysik und ihr Standardmodell	30
2	Radioaktivität	33
2.1	Gesetze des radioaktiven Zerfalls	33
2.1.1	Zeitgesetz des radioaktiven Zerfalls	33
2.1.2	Gleichgewicht des radioaktiven Zerfalls	38
2.1.3	Dualer Zerfall	42
2.1.4	Rechenbeispiele zum radioaktiven Zerfall	43
2.2	Arten des radioaktiven Zerfalls	44
2.2.1	α -Zerfall	47
2.2.2	β -Zerfall	49
2.2.3	Emission von γ -Quanten	55
2.2.4	Spontanspaltung	60
2.2.5	Protonenzerfall	64
2.2.6	Zerfall unter Emission mittelschwerer Teilchen	64
2.2.7	Verzögerte Emission schwerer Teilchen	65

3	Wechselwirkung von Kernstrahlung mit Materie	70
3.1	Wechselwirkung von α -Strahlen	70
3.2	Wechselwirkung von β -Strahlen	72
3.3	Wechselwirkung von γ -Strahlen	75
3.4	Dosis und Dosisleistung	78
4	Messung von Kernstrahlung	83
4.1	Ionisationsdetektoren	84
4.1.1	Ionisationskammer	84
4.1.2	Proportionalzähler	84
4.1.3	Geiger-Müller-Zähler	87
4.1.4	Halbleiterzähler	90
4.2	Szintillationsdetektoren	93
4.3	Photographische Nachweisverfahren	96
4.4	Kernspurdetektoren	96
4.5	Nebelkammer und Blaskammer	98
4.6	Thermolumineszenz	98
4.7	Dosismessung	98
4.8	Koinzidenz- und Antikoinzidenzmessungen	99
4.9	Messung von Neutronen	100
4.10	Begrenzung der Meßgenauigkeit durch statistische Schwankungen	102
5	Kernreaktionen	106
5.1	Wirkungsquerschnitte und Anregungsfunktionen für Kernreaktionen	107
5.2	Kernreaktionen mit geladenen Projektilen	109
5.3	Kernreaktionen mit Neutronen	111
5.4	Streuprozesse	113
5.5	Kernspaltung	114
5.5.1	Mechanismen der Kernspaltung	115
5.5.2	Spaltprodukte	116
5.5.3	Energiebilanz der Kernspaltung	118
5.6	Ausbeuteberechnungen bei Kernreaktionen	120
6	Wechselwirkungen zwischen Atomkern und Elektronenhülle	125
6.1	Beeinflussung der Halbwertszeit durch die chemische Bindung	126
6.2	Beeinflussung der Emission von Strahlung durch die chemische Bindung ..	128
6.3	Der Mößbauer-Effekt	128

7	Die radioaktiven Elemente	134
7.1	Die natürlichen radioaktiven Elemente	134
7.2	Die künstlichen radioaktiven Elemente	135
7.2.1	Technetium	135
7.2.2	Promethium	136
7.2.3	Die Transuranelemente	136
7.2.3.1	Aufbau von Transuranelementen in Kernreaktoren	138
7.2.3.2	Aufbau von Transuranelementen in Kernexplosionen	142
7.2.3.3	Aufbau von Transuranelementen durch Beschuß mit schweren Ionen	142
7.2.3.4	Eigenschaften und Handhabung der Transuranelemente	147
7.2.4	Zur Frage nach den superschweren Elementen	157
7.3	Nichtklassische Atome	162
7.3.1	Hadronische und Müonische Atome	163
7.3.2	Positronium- und Müonium-Atome	165
8	Chemische Reaktionen nach Kernumwandlungen	168
8.1	Rückstoßenergie nach α -, β - und γ -Emission	169
8.2	Rückstoßreaktionen (Szilard-Chalmers-Reaktionen)	173
8.3	Praktische Anwendungen von Rückstoßreaktionen	175
8.3.1	Darstellung neuer Verbindungen	175
8.3.2	Direktmarkierung mit Rückstoßatomen	177
8.4	Rückstoßeffekte in der Biochemie	179
9	Gewinnung und Nutzung von Kernenergie	183
9.1	Isotopenbatterien	183
9.2	Fusionsreaktoren	186
9.2.1	Grundlagen der Kernverschmelzung	186
9.2.2	Aufbau eines Fusionsreaktors	188
9.2.3	Brennstoffkreislauf eines Fusionsreaktors	192
9.2.4	Kernverschmelzung durch Trägheitseinschluß	194
9.3	Kernreaktoren	195
9.3.1	Neutronenbilanz von Kernreaktoren	196
9.3.2	Aufbau von Kernreaktoren	199
9.3.3	Kernreaktortypen	202
9.3.4	Konversions- und Brutprozesse	204
9.3.5	Abbrand	205

9.4	Chemie in der Kernreakorteknik: Der Kernbrennstoffkreislauf	206
9.4.1	Versorgung der Kraftwerke	206
9.4.2	Entsorgung der Kernkraftwerke	209
9.4.2.1	Wiederaufarbeitung	211
9.4.2.3	Behandlung und Endlagerung des radioaktiven Abfalls	212
9.4.2.4	Direkte Endlagerung bestrahlter Kernbrennstoffe	213
9.4.3	Kernenergie heute	215
10	Herstellung von Radionukliden und von markierten Verbindungen	218
10.1	Herstellung wichtiger Radionuklide	218
10.1.1	Tritium (^3H)	219
10.1.2	Radioaktive Kohlenstoffisotope	221
10.1.3	Fluor-18	225
10.1.4	Phosphor-32 und Schwefel-35	225
10.1.5	Rubidium-81 und Krypton-81m	226
10.1.6	Molybdän-99 für Technetium-99m	227
10.1.7	Radioaktive Iodisotope	229
10.1.8	Transurannuklide	231
10.2	Radionuklid-Generatoren	233
10.2.1	^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Generator	235
10.2.2	^{81}Rb - $^{81\text{m}}\text{Kr}$ -Generator	237
10.2.3	Die "Thorium-Kuh"	237
10.3	Markierung von Verbindungen durch Radionuklide	238
11	Anwendung von Radionukliden	245
11.1	Radiochemische Arbeitsweisen	246
11.2	Anwendung von Radionukliden in der Chemie	249
11.2.1	Indikatormethode	249
11.2.2	Radiochemische Altersbestimmungen	250
11.2.2.1	Bestimmung des Alters geologischer Proben	251
11.2.2.2	Radiokohlenstoffmethode	252
11.2.3	Radiochemische Analysenmethoden	255
11.2.3.1	Analyse aufgrund natürlicher Radioaktivität	255
11.2.3.2	Verdünnungsanalyse	256
11.2.3.3	Aktivierungsanalyse	257
11.3	Radionuklide in der Medizin	263
11.3.1	Diagnostik mit Radionukliden	264
11.3.2	Therapie mit Strahlung und Radionukliden	271
11.4	Anwendung von Radionukliden in der Technik	273

12	Radioaktivität und Umwelt, Biologische Strahlenwirkung	277
12.1	Radioaktive Stoffe in der Umwelt und daraus resultierende Strahlenexposition	279
12.1.1	Natürliche radioaktive Stoffe	279
12.1.2	Die natürliche Strahlenexposition	281
12.2	Kosmogene Radionuklide	283
12.3	Künstliche Radionuklide und Strahlenquellen	284
12.3.1	Radioaktive Stoffe in der Kerntechnik	284
12.3.2	Strahlung und Technik	286
12.3.3	Radioaktivität aus Kernwaffentests	286
12.3.4	Strahlenexposition durch medizinische Anwendung	287
12.4	Radioökologie und Radiopharmakologie von Radionukliden	288
12.4.1	Verhalten von Strontium-90	288
12.4.2	Verhalten von Radioiod-Isotopen	289
12.4.3	Verhalten von Cäsium-137	291
12.4.4	Verhalten von Plutonium	291
12.5	Wirkung ionisierender Strahlung auf biologische Systeme	295
13	Lösungen	307
14	Literatur	308
15	Anhang	314
	Sachregister	316
	Bildanhang	325