

Inhalt

1. Periodensystem der Elemente und Nuklidkarte	1
1.1. Radioaktive Stoffe in der Natur	1
1.2. Periodensystem und Isotopie	3
1.3. Nuklidkarte	8
1.4. Regeln für die Stabilität der Nuklide	12
1.5. Regeln für die Umwandlung von Nukliden	14
1.6. Massenzahl und Nuklidmasse	18
Literatur zu Kapitel 1	22
Übungen zu Kapitel 1	22
2. Eigenschaften der Atomkerne	25
2.1. Kernradius	25
2.2. Kernkräfte	27
2.3. Elementarteilchen	31
2.4. Drehimpuls	36
2.5. Magnetisches Dipolmoment	39
2.6. Elektrisches Quadrupolmoment	41
2.7. Statistik und Parität	41
2.8. Isospin und Strangeness	43
2.9. Energiediagramme	45
2.10. Kernmodelle	48
Literatur zu Kapitel 2	51
Übungen zu Kapitel 2	52
3. Isotopieeffekte	53
3.1. Unterschiede in den Eigenschaften isotoper Nuklide	53
3.2. Kinetische Isotopieeffekte	59
3.3. Gleichgewichtsisotopieeffekte	66
3.4. Spektroskopische Isotopieeffekte	69
Literatur zu Kapitel 3	74
Übungen zu Kapitel 3	75
4. Isotopentrennung	77
4.1. Bedeutung der Isotopentrennung	77
4.2. Trennfaktor und Trennkaskade	78
4.3. Gasdiffusion	79
4.4. Thermodiffusion	80
4.5. Druckdiffusion	81

4.6.	Elektromagnetische Trennung	82
4.7.	Ultrazentrifuge	83
4.8.	Destillation	84
4.9.	Elektrolyse	87
4.10.	Ionenwanderung	88
4.11.	Austauschverfahren	90
4.12.	Ionenaustausch	93
4.13.	Optische Verfahren	94
	Literatur zu Kapitel 4	103
	Übungen zu Kapitel 4	104
5.	Radioaktiver Zerfall	107
5.1.	Zerfallsreihen	107
5.2.	Energetik des radioaktiven Zerfalls	111
5.3.	Mononukleares Zeitgesetz für den radioaktiven Zerfall	113
5.4.	Aktivität und Masse	115
5.5.	Impulsrate	118
5.6.	Mischung mehrerer unabhängig voneinander zerfallender Nuklide	119
5.7.	Radioaktives Gleichgewicht	122
5.8.	Säkulares Gleichgewicht	124
5.9.	Transientes Gleichgewicht	128
5.10.	Kurzlebigeres Mutternuklid	130
5.11.	Ähnliche Halbwertszeiten	131
5.12.	Mehrere aufeinanderfolgende Umwandlungen	133
5.13.	Verzweigung (Dualer Zerfall)	136
	Literatur zu Kapitel 5	140
	Übungen zu Kapitel 5	140
6.	Radioaktive Strahlung	143
6.1.	Eigenschaften der verschiedenen Strahlungsarten	143
6.2.	α -Strahlung	144
6.2.1.	Absorption	144
6.2.2.	Energiebestimmung	149
6.3.	β -Strahlung	150
6.3.1.	Absorption	150
6.3.2.	Energiebestimmung	155
6.4.	γ -Strahlung	157
6.4.1.	Absorption	157
6.4.2.	Absorptionsmechanismen	160
6.4.3.	Energiebestimmung	163
6.5.	Messung radioaktiver Strahlung	165
6.5.1.	Ionisationsdetektoren	165
6.5.2.	Szintillationszähler	171
6.5.3.	Halbleiterdetektoren	173
6.5.4.	Vergleichs- und Absolutmessungen	184
6.5.5.	Auswahl von Meßanordnungen	186
6.5.6.	Statistische Zählgengenauigkeit	189
6.6.	Autoradiographie	190
	Literatur zu Kapitel 6	193
	Übungen zu Kapitel 6	194

7. Zerfallsprozesse	195
7.1. Übersicht	195
7.1.1. Emission von Nukleonen	195
7.1.2. Emission von Elektronen und Positronen; Elektroneneinfang	197
7.1.3. Emission von Photonen und Konversionselektronen	201
7.1.4. Spontanspaltung	204
7.2. α -Zerfall	205
7.2.1. Diskussion der Spektren	205
7.2.2. Theorie des α -Zerfalls	207
7.3. β -Zerfall	211
7.3.1. Diskussion der Spektren	211
7.3.2. Theorie des β -Zerfalls	215
7.4. γ -Zerfall	222
7.4.1. Diskussion der Spektren	222
7.4.2. Theorie des γ -Zerfalls	224
7.4.3. Isomere Umwandlung	226
7.4.4. Innere Konversion	228
7.5. Spontanspaltung	231
Literatur zu Kapitel 7	237
Übungen zu Kapitel 7	237
8. Kernreaktionen	239
8.1. Kernreaktionen als binukleare Reaktionen	239
8.2. Energetik	242
8.3. Geschosse	245
8.4. Übersicht über die Umwandlung von Nukliden durch Kernreaktionen	248
8.5. Beispiele	250
8.6. Wirkungsquerschnitt	256
8.7. Berechnung der Ausbeute	261
8.8. Niederenergie-Kernreaktionen	269
8.9. Kernspaltung	279
8.10. Hochenergie-Kernreaktionen	297
8.11. Schwerionenreaktionen	307
8.12. Fusionsreaktionen	315
Literatur zu Kapitel 8	321
Übungen zu Kapitel 8	323
9. Chemische Effekte von Kernreaktionen	325
9.1. Übersicht	325
9.2. Rückstoßeffekte	328
9.3. Anregungseffekte	336
9.4. Gase und Flüssigkeiten	341
9.5. Festkörper	346
9.6. Szilard-Chalmers-Reaktionen	350
9.7. Rückstoßmarkierung und Selbstmarkierung	353
Literatur zu Kapitel 9	356
Übungen zu Kapitel 9	356

10. Strahlenchemische Reaktionen	359
10.1. Primäre und sekundäre Reaktionen	359
10.2. Strahlenquellen	360
10.3. Grundbegriffe der Strahlenchemie	361
10.4. Reaktionen in Gasen	365
10.5. Reaktionen in wäßrigen Lösungen	366
10.6. Reaktionen in organischen Verbindungen	367
10.7. Reaktionen in festen anorganischen Stoffen	369
Literatur zu Kapitel 10	371
Übungen zu Kapitel 10	371
11. Kernbrennstoffe und Reaktorchemie	373
11.1. Energiegewinnung durch Kernspaltung	373
11.2. Chemische Probleme im Zusammenhang mit dem Betrieb von Kernreaktoren (Überblick)	383
11.3. Kernbrennstoffe	385
11.4. Brennstoffelemente	392
11.5. Reaktortypen	401
11.6. Moderatoren, Kühlmittel und Reaktorwerkstoffe	414
11.7. Chemische Vorgänge in Kernreaktoren	416
11.8. Wiederaufarbeitung der Brennstoffelemente	417
11.9. Weiterverarbeitung und Lagerung der Spaltprodukte	429
11.10. Brutstoffzyklen	432
Literatur zu Kapitel 11	435
Übungen zu Kapitel 11	436
12. Großgeräte	439
12.1. Kernreaktoren	439
12.1.1. Bestrahlungsmöglichkeiten	439
12.1.2. Zusatzeinrichtungen	441
12.2. Beschleuniger	444
12.2.1. Allgemeine Gesichtspunkte	444
12.2.2. Kaskadengenerator (Cockcroft-Walton-Generator)	445
12.2.3. Van de Graaff-Generator	446
12.2.4. Linearbeschleuniger	447
12.2.5. Zyklotron	451
12.2.6. Synchrozyklotron	453
12.2.7. Betatron	454
12.2.8. Synchrotron	455
12.2.9. Speicherringe	459
12.2.10. Weitere Beschleunigerentwicklungen	460
12.3. Neutronenquellen und Neutronengeneratoren	460
12.4. Massenspektrometer und Massenseparatoren	465
12.5. Einrichtungen zur Handhabung hoher Aktivitäten	466
Literatur zu Kapitel 12	467
Übungen zu Kapitel 12	469
13. Gewinnung und Chemie der Radionuklide	471
13.1. Gewinnung von Radionukliden in Kernreaktoren	471
13.2. Gewinnung von Radionukliden in Beschleunigern	478
13.3. Trennung von Radionukliden	483

13.4.	Trägerfreie Radionuklide	493
13.5.	Kurzlebige Radionuklide	499
13.6.	Markierte Verbindungen	504
	Literatur zu Kapitel 13	514
	Übungen zu Kapitel 13	515
14.	Künstliche Elemente	517
14.1	Natürliche und künstliche Radioelemente	517
14.2.	Technetium	520
14.3.	Promethium und die Lanthaniden	522
14.4.	Gewinnung der Transuranelemente	527
14.4.1.	Bestrahlung mit Neutronen	527
14.4.2.	Bestrahlung mit α -Teilchen	530
14.4.3.	Bestrahlung mit schweren Ionen	532
14.4.4.	Möglichkeiten der Erweiterung des Periodensystems	536
14.5.	Eigenschaften der Actiniden	542
14.5.1.	Kerneigenschaften	542
14.5.2.	Wertigkeiten und Bindungsverhältnisse	544
14.5.3.	Eigenschaften der Metalle	546
14.5.4.	Verbindungen der Actiniden	548
14.6.	Eigenschaften der Transactinidenelemente	551
	Literatur zu Kapitel 14	555
	Übungen zu Kapitel 14	557
15.	Anwendungen	559
15.1.	Allgemeine Gesichtspunkte	559
15.2.	Analyse auf Grund natürlicher Radioaktivität	561
15.3.	Indikatormethoden in der Analyse	563
15.3.1.	Verdünnungsanalyse	563
15.3.2.	Isotopenaustauschmethoden	565
15.3.3.	Freisetzung von Radionukliden	566
15.3.4.	Radiometrische Titration	567
15.4.	Aktivierungsanalyse	567
15.4.1.	Aktivierungsgleichung	567
15.4.2.	Aktivierung mit Reaktorneutronen	568
15.4.3.	Aktivierung mit den Neutronen eines Spontansplatters	570
15.4.4.	Aktivierung mit energiereichen Neutronen	570
15.4.5.	Aktivierung mit geladenen Teilchen	571
15.4.6.	Aktivierung mit Photonen	573
15.4.7.	Messung der prompten γ -Strahlung	575
15.4.8.	Gesichtspunkte für die Anwendung der Aktivierungsanalyse	575
15.5.	Weitere Indikatormethoden in der Chemie	578
15.5.1.	Gleichgewichte	578
15.5.2.	Trennungsvorgänge	579
15.5.3.	Homogene Reaktionskinetik	580
15.5.4.	Heterogene Reaktionskinetik	585
15.5.5.	Diffusion	593
15.5.6.	Emaniermethode	594
15.6.	Kernprozesse in der Chemie	598
15.7.	Altersbestimmungen	604

15.8. Geochemie und Kosmochemie	606
15.9. Biologie und Medizin	619
15.10. Technik	621
15.10.1. Übersicht	620
15.10.2. Radionuklide als Indikatoren	620
15.10.3. Absorption und Streuung radioaktiver Strahlung	624
15.10.4. Nutzung radioaktiver Strahlung	629
Literatur zu Kapitel 15	635
Übungen zu Kapitel 15	637
Anhang I. Wichtige Naturkonstanten	639
Anhang II. Umrechnungstabelle für Energieeinheiten	640
Anhang III. Nuklidtabelle	641
Anhang IV. Dosimetrie und Strahlenschutz	694
IV.1. Strahlendosis und Dosisleistung	694
IV.2. Äußere Einwirkung	699
IV.3. Innere Einwirkung	702
IV.4. Natürliche, zivilisatorische und berufliche Strahlenbelastung	703
IV.5. Gesetzliche Bestimmungen	708
IV.6. Richtlinien für kernchemische Laboratorien	718
Literatur zu Anhang IV.	721
Anhang V. Häufiger verwendete Symbole	723
Anhang VI. Lösungen der Übungsaufgaben	725
Quellenverzeichnis	731
Allgemeine Literaturhinweise	732
Namenregister	737
Sachregister	739