

P. Hoffmann, K. H. Lieser

Methoden der Kern- und Radiochemie



Weinheim • New York • Basel • Cambridge

Inhalt

Teil I Grundlagen

1	Grundbegriffe und wichtige Gleichungen	3
1.1	Radionuklide	3
1.2	Radioaktiver Zerfall	5
1.3	Radioaktives Gleichgewicht	11
1.4	Kernreaktionen	14
1.5	Aktivierungsgleichung	16
2	Absorption radioaktiver Strahlung	18
2.1	Geladene Teilchen (α -Strahlung, β -Strahlung)	18
2.2	Photonen (γ -Strahlung, Röntgen-Strahlung)	22
2.3	Neutronen	25
3	Messung radioaktiver Strahlung	26
3.1	Impulsrate	26
3.2	Messung der verschiedenen Strahlungsarten	29
3.3	Detektoren	31
3.4	Statistischer Fehler einer Messung	35
4	Strahlenschutz	38
4.1	Grundbegriffe der Strahlenchemie	38
4.2	Strahlendosis und Dosisleistung	40
4.3	Äußere Einwirkung	42
4.4	Innere Einwirkung	44
4.5	Dosis und Wirkung	48
4.6	Strahlenexposition auf Grund natürlicher und künstlicher Radioaktivität	49
5	Grundsätze für das Arbeiten mit radioaktiven Stoffen	51
6	Chemische Grundoperationen mit Radionukliden	55
6.1	Flüchtige Substanzen	55
6.2	Nicht-flüchtige Substanzen	57

7	Umgang mit sehr kleinen Substanzmengen und sehr verdünnten Lösungen	60
8	Arbeiten mit kurzlebigen Radionukliden	64
9	Radioanalytik	67
	9.1 Reinheit von Radionukliden	67
	9.2 Bestimmung von Radionukliden in Proben verschiedener Herkunft	69
	9.3 Analyse auf Grund natürlicher Radioaktivität	70
	9.4 Verdünnungsanalyse	70
	9.5 Weitere Indikatormethoden in der Analyse	71
	9.6 Aktivierungsanalyse	71
10	Gewinnung von Radionukliden	79
11	Synthese markierter Verbindungen	80
12	Aufklärung von Reaktionsmechanismen, kinetische Messungen, Oberflächenbestimmung	82

Teil II	Experimente	87
Nr. 1:	Qualitative Beurteilung radioaktiver Präparate	89
Nr. 2:	Charakteristik eines Geiger-Müller-Zählrohrs	90
Nr. 3:	Charakteristik eines Proportionalzählers	91
Nr. 4:	Charakteristik eines $\alpha/\alpha(77)$ -Bohrloch-Szintillationszählers	92
Nr. 5:	Absorption von α -Strahlung	93
Nr. 6:	Absorption von β -Strahlung	94
Nr. 7:	Dickenmessung mit β -Strahlung	95
Nr. 8:	Reichweite von α -Strahlung in Luft	96
Nr. 9:	Reichweite von β -Strahlung	97
Nr. 10:	Rückstreuung von β -Strahlung	99
Nr. 11:	Selbstabsorption von β -Strahlung	100
Nr. 12:	Absorptionskurve für γ -Strahlung	102
Nr. 13:	Streuung von γ -Strahlung	103
Nr. 14:	Aufnahme eines γ -Spektrums	104
Nr. 15:	α -Spektrometrie	105
Nr. 16:	γ -Spektrometrie	106
Nr. 17:	Messungen mit einem Flüssigkeitszählrohr - Bestimmung der Löslichkeit von Kaliumsalzen	108
Nr. 18:	Messungen mit einem Flüssig-Szintillationszähler	109
Nr. 19:	Bestimmung der Auflösungszeit (Totzeit) eines Geiger-Müller-Zählrohres	111
Nr. 20:	Vergleich der Zählausbeuten eines Geiger-Müller- Zählrohres und eines Szintillationszählers für γ -Strahlung	113
Nr. 21:	Autoradiographie	114
Nr. 22:	Kontinuierlich arbeitende Nebelkammer	116
Nr. 23:	Messung von Neutronen	117
Nr. 24:	Absorption, Moderierung und Steuerung von Neutronen	118
Nr. 25:	Aktivität und Impulsrate	119
Nr. 26:	Aktivität und Masse	121
Nr. 27:	Herstellung und Verwendung von Standardpräparaten	122
Nr. 28:	Absolutbestimmung der Aktivität in einem α -Zähler	123
Nr. 29:	Statistik des radioaktiven Zerfalls	124
Nr. 30:	Bestimmung der Halbwertszeit von ^{234m}Pa und radioaktives Gleichgewicht $^{238}\text{U}/^{234}\text{Th}/^{234m}\text{Pa}$	125

Nr. 31:	Überlagerung von zwei Zerfallskurven	127
Nr. 32:	Radioaktives Gleichgewicht $^{144}\text{Ce}/^{144}\text{Pr}$	128
Nr. 33:	Radioaktives Gleichgewicht ^{219}Rn und Folgeprodukte	129
Nr. 34:	Radioaktives Gleichgewicht $^{212}\text{Pb}/^{212}\text{Bi}$	131
Nr. 35:	Radioaktives Gleichgewicht $^{99\text{m}}\text{Tc}/^{99}\text{Tc}$	133
Nr. 36:	Radioaktives Gleichgewicht $^{137\text{m}}\text{Ba}/^{137}\text{Ba}$	135
Nr. 37:	Experimente mit dem Eluat eines $^{137}\text{Cs}/^{137\text{m}}\text{Ba}$ -Generators	136
Nr. 38:	Radioaktives Gleichgewicht $^{140}\text{La}/^{140}\text{Ce}$	138
Nr. 39:	Radioaktives Gleichgewicht $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$	139
Nr. 40:	Erzeugung von radioaktiven Ag-Isotopen	140
Nr. 41:	Herstellung von ^{32}P	142
Nr. 42:	Bestimmung der durch Bestrahlung von KCl im Kernreaktor erzeugten Aktivitäten von ^{32}P , ^{35}S und ^{36}Cl	143
Nr. 43:	Bestimmung des Protonenflusses mit Hilfe einer LiF -Monitorfolie	146
Nr. 44:	Bestimmung der Wirkungsquerschnitte für die (n, γ)-Reaktionen an ^{59}Co	147
Nr. 45:	Bestimmung der relativen kumulativen Spaltausbeuten von ^{83}Br und ^{84}Br	149
Nr. 46:	Neutronen aus der Kernspaltung	151
Nr. 47:	Rückstoßkerne aus der Kernspaltung	152
Nr. 48:	Szilard-Chalmers-Reaktion an Ethyliodid	153
Nr. 49:	Szilard-Chalmers-Reaktion an KMnO_4	154
Nr. 50:	Szilard-Chalmers-Reaktion an Ferrocen	155
Nr. 51:	Mitfällung von Radionukliden durch Mischkristallbildung	156
Nr. 52:	Mitfällung von ^{212}Pb an Silberhalogenid-Niederschlägen	158
Nr. 53:	Verwendung von Rückhalteträgern	159
Nr. 54:	Elektrochemische Abtrennung von Polonium und Vorbereitung für α -Messungen	160
Nr. 55:	Trennung des ^{221}Ac von seinen Folgeprodukten	161
Nr. 56:	Trennung von ^{90}Sr und ^{90}Y durch Extraktion	162
Nr. 57:	Trennung von ^{210}Po und ^{210}Pb durch Extraktion	163
Nr. 58:	Extraktive Aufarbeitung von bestrahltem Uran	164
Nr. 59:	Trennung von ^{137}Ba und $^{137\text{m}}\text{Ba}$ an einem Kationenaustauscher	166
Nr. 60:	Trennung von Radionukliden des Eisens, Kobalts und Nickels an einem Anionenaustauscher	167
Nr. 61:	Trennung von Uran und Thorium durch Papierchromatographie und Bestimmung der Aktivitätsverteilung durch Autoradiographie	168
Nr. 62:	Trennung von Radionukliden durch Chromatographie auf Ammoniummolybdatophosphat-Papier	169
Nr. 63:	Schnelle Abtrennung von Radionukliden durch Austausch an Niederschlägen	171

Nr. 64:	Bestimmung des Kaliumgehaltes in Salzen auf Grund der natürlichen Radioaktivität des Kaliums	172
Nr. 65:	Bestimmung des Silbergehalts einer Lösung mit Hilfe der Verdünnungsanalyse	173
Nr. 66:	Substöchiometrische Verdünnungsanalyse	174
Nr. 67:	Bestimmung von <i>Mn</i> und <i>Cu</i> in <i>Al</i> durch Neutronenaktivierungsanalyse	176
Nr. 68:	Bestimmung von <i>Ag</i> und <i>Tl</i> in <i>Pb</i> durch Neutronenaktivierungsanalyse	178
Nr. 69:	Löslichkeit von CsClO_4 in Methanol	179
Nr. 70:	Löslichkeit von PbI_2 in H_2O bei verschiedenen Temperaturen	180
Nr. 71:	Bestimmung von Atommassen	181
Nr. 72:	Nachweis der unterschiedlichen Bindung der Schwefelatome in Thiosulfat	182
Nr. 73:	Homogener Isotopenaustausch zwischen Ethyliodid und Iodidionen	184
Nr. 74:	Elektronenaustausch zwischen Hexacyanoferrat(II) und Hexacyanoferrat(III)	185
Nr. 75:	Heterogener Isotopenaustausch von Silberionen zwischen halogeniertem Silberblech und wässriger Lösung	186
Nr. 76:	Oberflächenbestimmung durch heterogenen Isotopenaustausch	187
Nr. 77:	Untersuchung des Phasendiagramms Essigsäure/Wasser/Dimethylanilin	188
Nr. 78:	Oxidativer Abbau von Fumarsäure	190
Nr. 79:	Nachweis des kinetischen Isotopieeffekts bei der thermischen Decarboxylierung	191
Nr. 80:	Abbauprodukte markierter Proteine	193
Nr. 81:	Photosynthese in Algen	195
Nr. 82:	Darstellung von (^{14}C -Carboxyl)-markierter Benzoesäure	197
Nr. 83:	Darstellung von (^{14}C -Acetyl)-markierter Acetyl-Salicylsäure (^{14}C -Aspirin)	199
Nr. 84:	Tritiummarkierung von Uracil	200
Nr. 85:	Markierung von Insulin mit ^{131}I	202
Nr. 86:	Bildung von H_2O_2 bei der Radiolyse des Wassers	203
Nr. 87:	Bildung von Salpetersäure bei der Radiolyse feuchter Luft	205
Nr. 88:	Strahlenchemische Isomerisierung von n-Propylchlorid	206
Nr. 89:	Dosismessungen mit dem $\text{Fe}^{59}/\text{Fe}^{55}$ -Dosimeter (Fricke-Dosimeter)	207
Nr. 90:	CsA/O_3 -Dosimeter	208
Nr. 91:	Kalibrierung von Dosisleistungsmeßgeräten	209
Nr. 92:	Radioaktive Stoffe in Wasser	210
Nr. 93:	^{137}Cs und ^{134}Cs in Umweltproben	212
Nr. 94:	^{90}Sr in Umweltproben	213
Nr. 95:	Abstandgesetz bei radioaktiven Quellen	215

XII	<i>Inhalt</i>
Nr. 96: Prüfung einer umschlossenen Strahlenquelle auf Dichtigkeit	216
Nr. 97: Aufsuchen und Abtransport einer verlorengegangenen radioaktiven Quelle	217
Nr. 98: Handhabung einer γ -Strahlenquelle mit einer Aktivität von der Größenordnung GBq	218
Nr. 99: Durchführung von Wischtests	219
Nr. 100: Verschiedene Methoden der Dekontaminierung	220
Nr. 101: Dekontamination eines verunreinigten Arbeitsplatzes	221
Empfehlungen für Lehrveranstaltungen (Kurse, Praktika)	222
Teil III Literatur	225
Register	231