

Küster · Thiel

Rechentafeln für die Chemische Analytik

bearbeitet von Alfred Ruland

104. Auflage



Walter de Gruyter
Berlin · New York 1993

Inhaltsverzeichnis

1. Periodensystem der Elemente, Charakterisierung von Elementen, Verbindungen und Atomgruppen	4
1.1 Periodensystem der Elemente	4
1.2 Elektronenkonfiguration der Elemente	6
1.3 Protonenzahlen und relative Atommassen der Elemente	7
1.4 Eigenschaften ausgewählter Nuklide	10
1.5 Molare Massen gebräuchlicher Verbindungen und Atomgruppen; Massenanteile der Elemente	13
1.6 Höhere Multipla der molaren Massen ausgewählter Elemente und Atomgruppen	35
1.7 Nomenklatur	38
1.7.1 Namen anorganischer Säuren und ihrer Salze	38
1.7.2 Namen von Ionen und Radikalen	40
1.7.3 Formeln organischer Ringsysteme	44
1.7.4 Formeln von Komplexbildnern und Liganden	49
2. Quantitative Analysen mit chemischen und physikalischen Methoden	51
2.1 Volumetrie; Faktoren, Titer und Indikation	51
2.1.1 Acidimetrie	53
2.1.2 Alkalimetrie	54
2.1.3 Bromatometrie	55
2.1.4 Cerimetrie	55
2.1.5 Chromatometrie	56
2.1.6 Permanganometrie	56
2.1.7 Chromometrie	57
2.1.8 Iodometrie	57
2.1.9 Titanometrie	58
2.1.10 Argentometrie	58
2.1.11 Komplexometrie	59
2.1.12 Maßanalysen in nicht-wäßrigen Lösemitteln	60
2.1.13 Herstellung von Maßlösungen	67
2.1.14 Bestimmung des Titors	69
2.1.15 Indikation von Titrations mit Indikatoren	70
2.1.16 Temperaturkorrekturen für Maßlösungen	81
2.2 Gravimetrie	82
2.2.1 Stöchiometrische Faktoren	83

2.2.2	Indirekte Analysen	97
2.3	Gasvolumetrie; Berechnung und Bestimmung von Gasvolumina	100
2.3.1	Reduktion von Gasvolumina auf Normbedingungen, volumetrische Stickstoffbestimmung	100
2.3.2	Barometerkorrektur	101
2.3.3	Sättigungsdruck des Wasserdampfes über Wasser und Kalilauge	103
2.3.4	Gasreduktionstabelle (Faktoren)	104
2.3.5	Molare Volumina und Dichte von Gasen	114
2.3.6	Molare Volumina feuchter idealer Gase; Temperaturabhängigkeit	116
2.3.7	Molare Volumina trockener idealer Gase; Temperaturabhängigkeit	117
2.3.8	Volumetrische Bestimmung von Gasen	117
2.3.9	Volumetrische Bestimmung gasentwickelnder Stoffe	118
2.4	Bestimmung von Einzelkomponenten, Kennzahlen und Summenparametern	120
2.4.1	Wasserbestimmung nach Karl Fischer	120
2.4.2	Bestimmung metallorganischer Verbindungen	120
2.4.3	Bestimmung von Säuregruppen (Säurezahl)	121
2.4.4	Bestimmung von Hydroxylgruppen (Hydroxylzahl)	122
2.4.5	Bestimmung von Esterfunktionen (Verseifungszahl)	123

3. Spektroskopische Methoden zur Strukturaufklärung

chemischer Verbindungen	125
3.1 Elektronenspektroskopie im sichtbaren und im UV-Bereich	125
3.1.1 Das elektromagnetische Spektrum	125
3.1.2 Wichtige Begriffe und Definitionen	126
3.1.3 Absorptionscharakteristika freier Ionen	128
3.1.4 Absorptionscharakteristika gesättigter organischer Verbindungen	129
3.1.5 Absorptionscharakteristika isolierter Chromophore	130
3.1.6 Absorptionscharakteristika konjugierter Chromophore	132
3.1.7 Absorptionsbanden von Aromaten und Heterocyclen	133
3.1.8 Empirische Regeln zur Berechnung von Bandenmaxima in konjugierten Systemen	136
3.1.9 Berechnung des molaren Extinktionskoeffizienten	140
3.2 Infrarotspektroskopie	141
3.2.1 Spektrale Regionen im IR-Bereich und ihre Anwendungen	142
3.2.2 Lösemittel für die Infrarotspektroskopie	142
3.2.3 Materialien für Küvetten und Fenster	143
3.2.4 Charakteristische IR-Absorptionen	144
3.3 ¹ H-Kernresonanzspektroskopie	155
3.3.1 Eigenschaften verschiedener für die ¹ H-NMR-Spektroskopie interessanter Kerne	155
3.3.2 Lösemittel für die ¹ H-NMR-Spektroskopie	156
3.3.3 Übersichtstabelle chemischer Verschiebungen	157
3.3.4 Chemische Verschiebungen einzelner Stoffgruppen	161

3.3.5	Einflüsse von Wasserstoffbrückenbindungen auf die chemische Verschiebung von Protonen	168
3.3.6	Abschätzung der chemischen Verschiebung mit Hilfe von Inkrementen	168
3.3.7	Kopplungskonstanten	170
3.4	^{13}C -Kernresonanzspektroskopie	174
3.4.1	Lösemittel für die ^{13}C -Kernresonanzspektroskopie	174
3.4.2	Übersichtstabelle ^{13}C -chemischer Verschiebungen	175
3.4.3	^{13}C -chemische Verschiebungen einzelner Stoffgruppen	176
3.4.4	Kopplungskonstanten	181
3.5	Massenspektrometrie	182

4.	Bestimmung und Berechnung physikalischer und physikalisch-chemischer Größen	189
4.1	Bestimmung der Masse, Korrektur des Luftauftriebs	189
4.2	Bestimmung der molaren Masse	192
4.2.1	Bestimmung nach Victor Meyer	193
4.2.2	Bestimmung aus der Dampfdruckerniedrigung	194
4.3	Pyknometrie, Dichtetabellen	195
4.3.1	Allgemeines	195
4.3.2	Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit mit dem Pyknometer	195
4.3.3	Bestimmung der Dichte eines Festkörpers mit dem Pyknometer	196
4.3.4	Volumenbestimmung von Meßgeräten	197
4.3.5	Volumenbestimmung durch Auswägung mit Wasser oder Quecksilber	199
4.3.6	Prüfung von Volumenmeßgeräten	201
4.3.7	Toleranzen handelsüblicher Volumenmeßgeräte	202
4.3.8	Dichte von Wasser	204
4.3.9	Dichte wäßriger Lösungen von Säuren und Basen	205
4.4	Elektrochemische Größen	211
4.4.1	Elektrolyse, Elektrochemische Äquivalente	211
4.4.2	Längenbezogene Leitfähigkeit wäßriger Kaliumchloridlösungen	213
4.4.3	Löslichkeiten und Löslichkeitsprodukte	214
4.4.4	Mittlere Aktivitätskoeffizienten der gebräuchlichen Elektrolyte	220
4.4.5	Elektrodenpotentiale – Konzentrationsabhängigkeit	223
4.4.6	Internationales Weston-Element	224
4.4.7	Potentiale von Bezugselektroden gegen die Standard-Wasserstoffelektrode	225
4.4.8	Standardpotentiale	226
4.4.9	Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert	230
4.4.10	pH-Wert-Messung	233
4.4.11	Säure-Base-Gleichgewichte, Säure- und Basekonstanten	234
4.4.12	pH-Standardpufferlösungen für Kalibrierzwecke	236
4.4.13	Herstellung von Puffergemischen	238
4.5	Temperaturmessung	244
4.5.1	Primäre thermometrische Fixpunkte	244

4.5.2	Sekundäre thermometrische Fixpunkte	244
4.5.3	Thermometergläser und Füllungen, Anwendungsbereiche	245
4.5.4	Widerstands-Grundwerte für Platin-Meßwiderstände	246
4.5.5	Thermospannungen von Thermoelementen	246
4.5.6	Fadenkorrektur für das Quecksilberthermometer	247
4.5.7	Druckabhängigkeit des Siedepunktes	248
5.	Größen, Einheiten und Umrechnungsfaktoren	251
5.1	Zeichen und Abkürzungen	251
5.2	Größen und Einheiten, SI-Einheiten	253
5.2.1	SI-Basiseinheiten, Definition	253
5.2.2	Größen, Größenzeichen, Einheiten, Einheitenzeichen, Beziehungen und Umrechnungsfaktoren	255
5.3	Physikalische Konstanten	266
5.4	Dimensionslose Kennzahlen	267
5.5	Umrechnungstabellen und Umrechnungsfaktoren	268
5.5.1	Geschwindigkeit, Durchsatzgeschwindigkeit	268
5.5.2	Leistung, Wärmestrom, Energie, Wärme, Arbeit	269
5.5.3	Molare Gaskonstante	269
5.5.4	Druck	270
5.5.5	Temperatur	271
5.5.6	Umrechnung von angelsächsischen in metrische Einheiten	274
5.5.7	Wasserhärte – Umrechnung verschiedener Gehaltsangaben	276
5.5.8	Gehaltsgrößen	276
5.5.9	Korngrößen	277
5.5.10	Transmissionsgrad – Extinktion	278
6.	Statistische Auswertung von Versuchs- und Analysendaten	281
6.1	Fehlerarten	281
6.1.1	Allgemeines	281
6.1.2	Zufällige Abweichungen	281
6.1.3	Systematische Abweichungen	281
6.1.4	Genauigkeit, Präzision, Richtigkeit	282
6.2	Begriffe	282
6.3	Statistische Kenngrößen	283
6.3.1	Allgemeines	283
6.3.2	Arithmetischer Mittelwert	284
6.3.3	Standardabweichung	284
6.3.4	Variationskoeffizient	285
6.3.5	Vertrauensbereich des Mittelwertes	285
6.3.6	Angabe von Ergebnissen	286
6.3.7	Fehlerfortpflanzung	287
6.3.8	Rechenbeispiel	288
6.4	Statistische Prüfverfahren	289

6.4.1	Ausreißertest nach Grubbs	289
6.4.2	Trendtest nach Neumann	291
6.4.3	Prüfung auf Normalverteilung nach David	293
6.4.4	Vergleich zwischen Mittelwert und Sollwert	295
6.4.5	Vergleich zweier Varianzen mit dem F-Test	297
6.4.6	Vergleich zweier Mittelwerte mit dem t-Test	301
6.5	Entwicklung von Analysenverfahren	301
6.5.1	Allgemeines	301
6.5.2	Ermittlung von Kalibrierkenngrößen	303
6.5.3	Statistische Prüfverfahren zur Beurteilung von Kalibrierdaten	309
6.5.4	Ermittlung und Anwendung der Auswertefunktion	314
6.5.5	Standardadditionsverfahren	314
6.5.6	Wiederfindungsfunktion und Wiederfindungsrate	318
7.	Formeln und Rechenhilfen	321
7.1	Auswahl mathematischer Formeln	321
7.2	Rechnen mit kleinen Zahlen	323
7.3	Differential- und Integralrechnung	324
7.4	Berechnung von Flächen und Körpern	325
7.5	Wichtige Beziehungen aus Physik, physikalischer Chemie und Chemie	327
7.5.1	Formelsammlung	327
7.5.2	Umrechnung von Stoff- und Gehaltsgrößen	339
7.5.3	Mischungsrechnen	341
7.5.4	Berechnung der Summenformel einer Verbindung	343
8.	Tabellen zur chemischen und chemisch-analytischen Arbeitstechnik	345
8.1	Erfassungsgrenzen spurenanalytischer Bestimmungsmethoden der Elemente, vergleichende Übersicht	345
8.2	Gehalt von Spurenelementen in destilliertem Wasser	348
8.3	Entfernung von Spurenelementen aus Wasser mit Ionenaustauschern	348
8.4	Filterpapiere für quantitative Analysen – Vergleichstabelle	349
8.5	Filterpapiere für qualitative Analysen – Vergleichstabelle	350
8.6	Glasfiltergeräte – Porosität, Anwendung und Reinigung	350
8.7	Chemikalienbeständigkeit von Kunststoffen	352
8.8	Eis – Salz – Kältemischungen	353
8.9	Relative Luftfeuchtigkeit und Wasserdampfdruck über Schwefelsäurelösungen	354
8.10	Trockenmittel – Anwendung, Restwassergehalte, Regenerierungsbedingungen	354
8.11	Organische Lösemittel – Eigenschaften und Trocknung	357
8.12	Lösemittel für die Flüssig-Chromatographie geordnet nach steigender Polarität (Eluotrope Reihe)	359
8.13	Wichtige Spektrallinien	360

9. Arbeitssicherheit	361
9.1 Allgemeines	361
9.2 Sicherheitsratschläge für das Arbeiten im Labor	361
9.2.1 Allgemeine Regeln	361
9.2.2 Persönliche Schutzausrüstungen	362
9.2.3 Umgang mit Gefahrstoffen	362
9.2.4 Gefahrensymbole	363
9.3 Anleitung zur Ersten Hilfe bei Unfällen	364
10. Literatur	369