

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Historische Entwicklung der Chemie	2
1.2	Elemente, Verbindungen, Gemische	6
1.3	Stofftrennung	9
1.4	Maßeinheiten	11
1.5	Genauigkeit und signifikante Stellen	11
	Übungsaufgaben	14
2	Einführung in die Atomtheorie	15
2.1	Die Dalton-Atomtheorie	16
2.2	Das Elektron	17
2.3	Das Proton	18
2.4	Das Neutron	19
2.5	Aufbau der Atome	19
2.6	Atomsymbole	20
2.7	Isotope	21
2.8	Atommassen	22
	Übungsaufgaben	24
3	Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln	25
3.1	Moleküle und Ionen	25
3.2	Empirische Formeln	27
3.3	Das Mol	28
3.4	Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen	29
3.5	Ermittlung chemischer Formeln	31
	Übungsaufgaben	33
4	Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen	35
4.1	Chemische Reaktionsgleichungen	35
4.2	Begrenzende Reaktanden	38
4.3	Ausbeute bei chemischen Reaktionen	39
4.4	Konzentration von Lösungen	40
	Übungsaufgaben	42

5 Energieumsatz bei chemischen Reaktionen _____ 45

5.1	Energiemaße	46
5.2	Temperatur und Wärme	47
5.3	Kalorimetrie	47
5.4	Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie	48
5.5	Der Satz von Hess	51
5.6	Bildungsenthalpien	52
5.7	Bindungsenergien	54
	Übungsaufgaben	57

6 Die Elektronenstruktur der Atome _____ 59

6.1	Elektromagnetische Strahlung	60
6.2	Atomspektren	62
6.3	Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente	65
6.4	Wellenmechanik	69
6.5	Quantenzahlen	73
6.6	Orbitalbesetzung und die Hund-Regel	78
6.7	Die Elektronenstruktur der Elemente	81
6.8	Halb- und vollbesetzte Unterschalen	83
6.9	Einteilung der Elemente	86
	Übungsaufgaben	87

7 Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung _____ 89

7.1	Atomgröße	90
7.2	Ionisierungsenergien	93
7.3	Elektronenaffinitäten	95
7.4	Die Ionenbindung	96
7.5	Gitterenergie	98
7.6	Arten von Ionen	100
7.7	Ionenradien	102
7.8	Nomenklatur von Ionenverbindungen	103
	Übungsaufgaben	105

8 Die kovalente Bindung _____ 107

8.1	Konzept der kovalenten Bindung	108
8.2	Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung	109
8.3	Elektronegativität	112
8.4	Formalladungen	114
8.5	Mesomerie (Resonanz)	116
8.6	Nomenklatur von binären Molekülverbindungen	118
	Übungsaufgaben	119

9	Molekülstruktur, Molekülorbitale	121
9.1	Ausnahmen zur Oktettregel	122
9.2	Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur	122
9.3	Hybridorbitale	127
9.4	Molekülorbitale	130
9.5	Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen	134
9.6	Delokalisierte Bindungen	135
9.7	Stark polare kovalente Bindungen	139
9.8	Hypervalente Atome	140
	Übungsaufgaben	142

10	Gase	143
10.1	Druck	144
10.2	Das Avogadro-Gesetz	145
10.3	Das ideale Gasgesetz	146
10.4	Stöchiometrie und Gasvolumina	149
10.5	Die kinetische Gastheorie	150
10.6	Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke	152
10.7	Molekülgeschwindigkeiten in Gasen	154
10.8	Das Graham-Effusionsgesetz	155
10.9	Reale Gase	156
10.10	Verflüssigung von Gasen	158
	Übungsaufgaben	160

11	Flüssigkeiten und Feststoffe	163
11.1	Intermolekulare Anziehungskräfte	165
11.2	Wasserstoff-Brücken	167
11.3	Der flüssige Zustand	169
11.4	Verdampfung	170
11.5	Dampfdruck	170
11.6	Siedepunkt	171
11.7	Verdampfungsenthalpie	172
11.8	Gefrierpunkt	173
11.9	Dampfdruck von Festkörpern	174
11.10	Phasendiagramme	175
11.11	Arten von kristallinen Feststoffen	176
11.12	Kristallstruktur und Kristallgitter	180
11.13	Kristallstrukturen von Metallen	181
11.14	Ionenkristalle	184
11.15	Defektstrukturen	186
11.16	Flüssigkristalle	187
11.17	Nanostrukturen	188
	Übungsaufgaben	189

12 **Strukturaufklärung** 191

12.1	Röntgenbeugung	192
12.2	Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie	196
	Übungsaufgaben	200

13 **Lösungen** 201

13.1	Allgemeine Betrachtungen	202
13.2	Der Auflösungsprozess	203
13.3	Hydratisierte Ionen	204
13.4	Lösungsenthalpie	205
13.5	Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur	207
13.6	Konzentration von Lösungen	208
13.7	Dampfdruck von Lösungen	211
13.8	Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen	213
13.9	Osmose	215
13.10	Destillation	217
13.11	Elektrolytlösungen	219
13.12	Interionische Wechselwirkungen in Lösungen	220
13.13	Kolloide Lösungen und Gele	220
13.14	Tenside und Mizellen	221
	Übungsaufgaben	222

14 **Reaktionen in wässriger Lösung** 225

14.1	Metathese-Reaktionen	226
14.2	Oxidationszahlen	229
14.3	Reduktions-Oxidations-Reaktionen	230
14.4	Arrhenius-Säuren und -Basen	234
14.5	Saure und basische Oxide	236
14.6	Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen	237
14.7	Volumetrische Analyse	239
14.8	Äquivalentmasse und Normallösungen	241
	Übungsaufgaben	243

15 **Reaktionskinetik** 245

15.1	Reaktionsgeschwindigkeit	246
15.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	247
15.3	Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	249
15.4	Einstufige Reaktionen	254
15.5	Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen	257
15.6	Reaktionsmechanismen	258
15.7	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	261
15.8	Katalyse	263
	Übungsaufgaben	266

16	Das chemische Gleichgewicht	269
16.1	Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht	270
16.2	Die Gleichgewichtskonstante K_c	271
16.3	Die Gleichgewichtskonstante K_p	275
16.4	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	276
	Übungsaufgaben	279
17	Säuren und Basen	281
17.1	Das Arrhenius-Konzept	282
17.2	Das Brønsted-Lowry-Konzept	282
17.3	Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen	283
17.4	Säurestärke und Molekülstruktur	285
17.5	Das Lewis-Konzept	287
17.6	Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen	290
	Übungsaufgaben	291
18	Säure-Base-Gleichgewichte	293
18.1	Das Ionenprodukt des Wassers, pH-Wert	294
18.2	Schwache Elektrolyte	296
18.3	Indikatoren	301
18.4	Pufferlösungen	302
18.5	Mehrprotonige Säuren	306
18.6	Salze schwacher Säuren und Basen	309
18.7	Säure-Base-Titrationen	311
18.8	Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper	314
	Übungsaufgaben	316
19	Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte	319
19.1	Das Löslichkeitsprodukt	320
19.2	Fällungsreaktionen	322
19.3	Fällung von Sulfiden	325
19.4	Komplexgleichgewichte	326
	Übungsaufgaben	329
20	Grundlagen der chemischen Thermodynamik	331
20.1	Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik	332
20.2	Enthalpie	333
20.3	Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik	335
20.4	Die freie Enthalpie	337
20.5	Freie Standard-Enthalpien	339
20.6	Absolute Entropien	340
20.7	Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie	342
20.8	Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten	344
	Übungsaufgaben	346

21.1	Elektrischer Strom	350
21.2	Elektrolytische Leitung	351
21.3	Elektrolyse	352
21.4	Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse	354
21.5	Galvanische Zellen	356
21.6	Die elektromotorische Kraft	357
21.7	Elektrodenpotenziale	358
21.8	Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft	363
21.9	Konzentrationsabhängigkeit des Potenzials	365
21.10	Potentiometrische Titration	369
21.11	Elektrodenpotenziale und Elektrolyse	370
21.12	Korrosion und Korrosionsschutz	371
21.13	Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch	372
21.14	Brennstoffzellen	372
	Übungsaufgaben	374

22.1	Vorkommen und physikalische Eigenschaften	378
22.2	Herstellung von Wasserstoff	378
22.3	Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs	380
22.4	Technische Verwendung von Wasserstoff	382
	Übungsaufgaben	382

23.1	Eigenschaften der Halogene	384
23.2	Vorkommen und Herstellung der Halogene	385
23.3	Interhalogen-Verbindungen	388
23.4	Halogenwasserstoffe	389
23.5	Halogenide	391
23.6	Oxosäuren der Halogene	392
23.7	Verwendung der Halogene	397
	Übungsaufgaben	398

24.1	Vorkommen und Gewinnung der Edelgase	399
24.2	Eigenschaften der Edelgase	400
24.3	Verwendung der Edelgase	401

25 Die Elemente der 6. Hauptgruppe 403

25.1	Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene	404
25.2	Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff	405
25.3	Reaktionen des Sauerstoffs	406
25.4	Verwendung von Sauerstoff	409
25.5	Ozon	409
25.6	Schwefel, Selen und Tellur	410
25.7	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur	411
25.8	Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur	412
25.9	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV	414
25.10	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI	415
25.11	Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur	418
	Übungsaufgaben	419

26 Die Elemente der 5. Hauptgruppe 421

26.1	Allgemeine Eigenschaften	422
26.2	Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut	424
26.3	Der Stickstoffzyklus	425
26.4	Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe	426
26.5	Nitride und Phosphide	427
26.6	Wasserstoff-Verbindungen	428
26.7	Halogen-Verbindungen	430
26.8	Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs	432
26.9	Luftverschmutzung	435
26.10	Oxide und Oxosäuren des Phosphors	438
26.11	Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut	441
26.12	Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe	442
	Übungsaufgaben	443

27 Kohlenstoff, Silicium und Bor 445

27.1	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe	446
27.2	Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe	448
27.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium	451
27.4	Carbide, Silicide und Silane	453
27.5	Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs	454
27.6	Siliciumdioxid und Silicate	456
27.7	Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs	459
27.8	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe	459
27.9	Elementares Bor	461
27.10	Bor-Verbindungen	461
27.11	Borane (Borhydride)	463
	Übungsaufgaben	464

28.1	Die metallische Bindung	467
28.2	Halbleiter	470
28.3	Physikalische Eigenschaften von Metallen	471
28.4	Vorkommen von Metallen	473
28.5	Metallurgie: Aufbereitung von Erzen	474
28.6	Metallurgie: Reduktion	475
28.7	Metallurgie: Raffination	480
28.8	Die Alkalimetalle	483
28.9	Die Erdalkalimetalle	486
28.10	Die Metalle der 3. Hauptgruppe	490
28.11	Die Metalle der 4. Hauptgruppe	493
28.12	Die Übergangsmetalle	495
28.13	Die Lanthanoide	501
	Übungsaufgaben	503

29.1	Struktur von Komplex-Verbindungen	506
29.2	Stabilität von Komplexen	510
29.3	Nomenklatur von Komplexen	511
29.4	Isomerie	512
29.5	Die Bindungsverhältnisse in Komplexen	514
	Übungsaufgaben	522

30.1	Alkane	526
30.2	Alkene	532
30.3	Alkine	533
30.4	Arene	534
30.5	Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition	535
30.6	Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische Reaktionen	538
30.7	Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution	539
	Übungsaufgaben	542

31.1	Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen	545
31.2	Metallorganische Verbindungen	547
31.3	Alkohole, Phenole und Thiole	549
31.4	Ether	552
31.5	Carbonyl-Verbindungen	552
31.6	Carbonsäuren und ihre Derivate	557

31.7	Amine und Carbonsäureamide	564
31.8	Aminosäuren und Peptide	567
31.9	Azo- und Diazo-Verbindungen	568
31.10	Heterocyclische Verbindungen	569
	Übungsaufgaben	571

32 Spezielle Gebiete der organischen Chemie 573

32.1	Stereochemie organischer Verbindungen	574
32.2	Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle	577
32.3	Polymerchemie	579
32.4	Supramolekulare Chemie	585
	Übungsaufgaben	588

33 Naturstoffe und Biochemie 589

33.1	Terpene	591
33.2	Kohlenhydrate	593
33.3	Fette, Öle und Wachse	597
33.4	Botenstoffe, Hormone und Vitamine	599
33.5	Natürliche Farbstoffe	602
33.6	Proteine	605
33.7	Nucleinsäuren	610
33.8	Proteinsynthese	612
33.9	Gentechnik	614
33.10	Enzyme und Coenzyme	618
33.11	Schlussbemerkung: Chemie und Biochemie	622
	Übungsaufgaben	623

34 Kernchemie 625

34.1	Der Atomkern	626
34.2	Kernreaktionen	628
34.3	Radioaktivität	629
34.4	Messung der Radioaktivität	632
34.5	Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit	633
34.6	Biologische Effekte der Radioaktivität	637
34.7	Radioaktive Zerfallsreihen	639
34.8	Künstliche Kernumwandlungen	641
34.9	Kernspaltung	644
34.10	Kernfusion	648
34.11	Verwendung von radioaktiven Nucliden	650
	Übungsaufgaben	652

35.1	Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe	656
35.2	Europäisches Gefahrstoffrecht	662
35.3	Giftstoffe, Toxikologie	668
	Übungsaufgaben	673

Anhang

675

A	Normalpotenziale	676
B	Gleichgewichtskonstanten	677
C	Thermodynamische Daten	679
D	Mittlere Bindungsenergien	680
E	Lösungen zu den Übungsaufgaben	681

Glossar	709
----------------------	-----

Sachverzeichnis	733
------------------------------	-----

Bildnachweis	766
---------------------------	-----

Maßeinheiten, Naturkonstanten	vorderer Einband
Tabelle der Elemente	hinterer Einband
Periodensystem der Elemente	Ausklapptafel am Buchende
Periodensystem der Elemente, Naturkonstanten, Formelsammlung (Einsteckkärtchen)	hinterer Einband