

Inhalt

1. Kapitel

Ansicht von einem fernen Universum aus 1

- Eine einfache Welt 2
- Die Zustände der Materie 3
- Lebenslauf eines Universums 4

2. Kapitel

Atome, Moleküle und Mole 7

- Elektronen, Atomkerne und Ordnungszahl 7
- Die Isotope des Wasserstoffs 9
- Die Isotope des Heliums 10
- Isotope und gemessene relative Atommassen (Atomgewichte) 11
- Bindungen zwischen Atomen 12
- Elektronenschalen 14
- Moleküle, relative Molekülmasse (Molekulargewicht) und Mol 15
- Das Messen von Substanzmengen in Mol; die Gasgesetze 19
- Gasmoleküle und der absolute Nullpunkt 22
- Das ideale Gasgesetz 24
- Eine chemische Welt en miniature: eine Zusammenfassung 26

3. Kapitel

Der Aufbau der Elemente 31

- Wie groß ist ein Atom? 34
- Gewinn und Verlust von Elektronen; Ionisierungsenergie 35
- Elektronenaffinität 38
- Elektronegativität 39
- Abgeschlossene Schalen und die Achterregel: eine Zusammenfassung 40

4. Kapitel

Atome teilen sich Elektronen: kovalente Bindungen 45

Wieviele Bindungen pro Atom?	46
Kohlenstoff-Verbindungen	48
Doppel- und Dreifachbindungen	51
Diamant und Graphit	53
Stickstoff und Ammoniak	54
Sauerstoff und Wasser	59
Die Wechselwirkung zwischen Ammoniak und Wasser; Basen	62
Fluor und Fluorwasserstoffsäure	64
Atome teilen sich Elektronen: eine Zusammenfassung	65

5. Kapitel

Gewinn und Verlust von Elektronen; Ionen und Metalle 69

Ionen und Salze	71
Säuren und Basen, Neutralisierung, Salze	74
Sauerstoff-Verbindungen: Säuren oder Basen?	75
Basische Oxide: Li_2O	78
Sauer und basisch zugleich: BeO	79
Das erste eindeutig saure Oxid: B_2O_3	80
Kohlenstoff und Kohlensäure	80
Stickstoff und Salpetersäure	84
Fluor, der Elektronenräuber	85
Trends bei den Eigenschaften der Oxide	86
Ionen und Metalle	86
Postskriptum: die Elemente des Lebens	90

6. Kapitel

Periodische Eigenschaften: von Natrium bis Argon 97

Elektronenstruktur und chemische Eigenschaften	99
Die Metalle der dritten Periode: Na, Mg und Al	103
Metallsalze	106
Das Gerüst unseres Planeten: Silicate	107
Die sauren Nichtmetalle: P, S und Cl	113
Oxidationszustände und Oxidationszahlen	117
Warum ist Feuer heiß?	122

7. Kapitel

Teilchen, Wellen und Paradoxa 129

Das unmögliche Atom	131
Lichtteilchen	131
Materiewellen	134
Das diskontinuierliche Atom	136
Atome, Energie, Strahlung	138
Atomspektren und auseinanderstrebende Galaxien	141
Das gequantelte Atom: eine Zusammenfassung	142

8. Kapitel

Ein Blick hinter die Kulissen des Periodensystems 147

- Die bessere Theorie: Wellenmechanik 147
- Quantenniveaus und Atomaufbau 152
- Atomaufbau und Periodensystem 154
- Postskriptum: die Entstehung des Universums 160

9. Kapitel

Molekülorbitale und Molekülstruktur 171

- Wasserstoffähnliche Moleküle 172
- Größere zweiatomige Moleküle 175
- Bindungen zwischen verschiedenen Atomarten 180
- Lokalisierte Molekülorbitale 181
- sp^3 -Hybrid-Orbitale 182
- Doppelbindungen und sp^2 -Hybridisierung 185
- Dreifachbindungen und sp -Hybridisierung 186
- Aromatizität: Delokalisierung und Resonanz 188
- Das Molekülorbital-Modell für Bindungen: eine Zusammenfassung 191
- Postskriptum: Delokalisierung und Farbe 192

10. Kapitel

Spiel mit allen Karten: das Periodensystem 203

- Atomgröße und Elektronegativität 204
- Die Struktur der Elemente 207
- Chemische Eigenschaften; die Alkalimetalle 211
- Gruppe IIA: die Erdalkalimetalle 212
- Die Übergangsmetalle 213
- Bindungen mit d-Orbitalen 218
- Die Gruppe III A: B, Al, Ga, In, Tl 224
- Die Gruppe IV A: Isolatoren und Halbleiter 225
- Die Gruppe V A: Der Stickstoffkreislauf 227
- Phosphor und Energiespeicherung 230
- Gruppe VI A: die Sauerstoff-Familie 232
- Die Gruppe VII A: die Halogene 234
- Das chemische Universum: eine Zusammenfassung 235

11. Kapitel

Von nichts kommt nichts – oder die Erhaltung von Masse, Ladung und Energie 241

- Erhaltungssätze 242
- Gewicht und Masse 243
- Erhaltung der Masse bei chemischen Reaktionen 244
- Erhaltung der Elektronen 246
- Masse und Energie; Kernreaktionen 251
- Stabilität und Zerfall von Atomkernen 254
- Isotope und Halbwertszeiten 258
- Teilchenzahl und Ladung: eine Zusammenfassung 259

12. Kapitel

Wärme, Energie und chemische Bindungen 265

- Wärme und chemische Reaktionen 266
- Brennstoffe, Verbrennung und Energie 270
- Bildungswärmen 272
- Bindungsenergien 276
- Reaktionswärmen aus Bindungsenergien 278
- Benzol und Resonanz 279
- Warum ist Feuer heiß? – Eine quantitative Antwort 281

13. Kapitel

Wie man Unordnung mißt 289

- Spontane Reaktionen 290
- Energie und Spontaneität 290
- Unordnung und Spontaneität 292
- Wie man Unordnung mißt: Entropie 295
- Die statistische Bedeutung der Entropie 295
- Leben in einer Welt aus neun Punkten 298
- Entropie und gesunder Menschenverstand 300
- Entropie und chemische Reaktionen 305
 - Explosion von H_2 und Cl_2 306
 - Verbrennung und Ethanol 307
 - Zersetzung von N_2O_5 308
- Freie Energie und lebende Organismen 308
- Entropie und Zeit 311
- Entropie und Universum 313

14. Kapitel

Das chemische Gleichgewicht 319

- Holzäpfel und das Gleichgewicht 321
- Gleichgewicht und Prozesse zweiter Ordnung 327
- Das Massenwirkungsgesetz 330
- Beispiele für Gleichgewichtskonstanten 331
 - HCl-Synthese 331
 - Verbrennung von H_2 332
 - Ammoniak-Synthese: unvollständige Reaktion 333
- K_p und K_c 333
- Faktoren, die das Gleichgewicht beeinflussen 334
- Die Temperatur und die Gleichgewichtskonstante 336
- Freie Enthalpie und Gleichgewichtskonstante 337
- Spontaneität und Gleichgewicht: eine Zusammenfassung 340
- Postskriptum: Smog und Gleichgewicht 341

15. Kapitel

Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen 349

- Experimentelle Geschwindigkeitsgesetze 350
- Reaktionsordnung 351
- Exponentielle Zerfallsreaktionen 1. Ordnung 353

Reaktionsmechanismen	355
Die Wasserstoff-Iod-Reaktion	357
Reduktion von NO durch H ₂	360
Bildung von HBr	361
Molekulare Stöße und chemische Reaktionen	362
Beschleunigung einer Reaktion durch Katalyse	366
Ein einfacher katalytischer Mechanismus	367
Postskriptum: Katalysatoren und Umwelt	370

16. Kapitel

Ionen und Gleichgewicht; Säuren und Basen 377

Starke Säuren und Basen	378
Schwache Säuren und Basen	379
Berechnungen mit Gleichgewichtskonstanten	381
Die Dissoziation des Wassers	383
Die pH-Skala	385
Neutralisation	387
Die Bedeutung von Säuren und Basen	390
Der Unterschied zwischen starken und schwachen Säuren	392
Säuren mit mehreren dissoziierenden Protonen	393
Puffer und pH-Kontrolle	395
Die Messung des pH-Wertes: Säure-Base-Indikatoren	399
Löslichkeitsgleichgewichte	400
Postskriptum: Säure-Base-Katalyse	403

17. Kapitel

Die treibende Kraft, die das Ganze bewegt: chemisches und elektrisches Potential 415

Die Freie Energie und die Tendenzen, sich seiner Umgebung zu entziehen	416
Lösungen und kolligative Phänomene	417
Siedepunktserhöhung	420
Gefrierpunktserniedrigung	422
Osmotischer Druck	425
Redox-Reaktionen und elektrochemisches Potential	427
Addition von Zellreaktionen	431
Halbreaktionen und Reduktionspotentiale	432
Aufbau von Zellen aus Halbreaktionen	435
Trockenzellen	438
Der Blei-Akkumulator	439
Elektrolyse-Zellen	439
Die Faradayschen Gesetze	441
Redox-Chemie auf Abwegen: Korrosion	442
Freie Energie und Potential	443

18. Kapitel

Vom Weltraum zur Welt der Atome: Größenordnungen im Universum 451

Größenordnungen im Universum	452
Energie im Universum	453

Temperatur 453
Organisation und Komplexität 456
Organisation, Kohlenstoff und Leben 458

19. Kapitel

Die einfachen Verbindungen des Kohlenstoffs 463

Die einfachsten organischen Moleküle: Kohlenwasserstoffe 465
Ungesättigte Kohlenwasserstoffe 469
Reaktionen von Kohlenwasserstoffen 470
Konjugation, Aromatizität und Farbe 475

20. Kapitel

Die Vielfalt organischer Verbindungen 485

Alkohole, R-OH 486
Phenole, aromatische Alkohole 488
Ether, Aldehyde und Ketone 490
Carbonsäuren, $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ 492
Ester, $\text{R}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$ 496
Amine und andere organische Basen 498
Aminosäuren, $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ 500
Eine Straßenkarte der Organischen Chemie 504

21. Kapitel

Lipide und Kohlenhydrate 509

Fette und Lipide 510
Die Membranstruktur 512
Andere Lipide 514
Kohlenhydrate 516
Polysaccharide: Cellulose und Stärke 520
Struktur, Energie, Information 523

22. Kapitel

Proteine und Nucleinsäuren: die Informationsträger 527

Die Chemie lebender Organismen 528
Welches sind die Kriterien für Leben? 529
 Vermehrung 529
 Wachstum 530
 Metabolismus 530
 Ausnutzung der Umgebung und Schutz vor ihr 530
 Evolution und Veränderung 531
Moleküle als Informationsträger 532
Proteine 534
Die Kettenfaltung: Faserproteine 538
Globuläre Proteine: Myoglobin und Hämoglobin 540

Nucleotide und Nucleinsäuren 543
Informationsspeicherung: DNA und RNA 547

23. Kapitel

Energieumwandlung: Atmung und Photosynthese 555

Das gemeinsame Erbe im Metabolismus der Lebewesen 556
Prokaryonten und Eukaryonten 556
Glucose-Stoffwechsel: eine Übersicht 557
Glykolyse, der älteste Mechanismus 562
Der Citronensäure-Cyclus 564
Atmung: Reoxidation der Energieträger 568
Die Strategie der Photosynthese 571
Die Dunkelreaktionen: Kohlenhydratsynthese 572
Die Lichtreaktionen: Einfang der Sonnenenergie 574
Stoffwechsel-Archäologie 578

24. Kapitel

Enzyme und Katalyse 583

Die Rolle der Enzyme 585
Enzyme ermöglichen einen einfacheren Mechanismus 585
Enzyme sorgen für Orientierung 586
Enzyme sorgen für Spezifität 588
Enzymen gelingt eine Kopplung von Reaktionen 588
Ein Beispiel: die Trypsin-Familie 590
Der Mechanismus der Trypsin-Katalyse 595
Inhibitoren 598
Die Entwicklung der Enzymfamilie 600
Größere Enzyme 603

25. Kapitel

Chemische Systeme, die sich selbst erhalten: lebende Zellen 607

Prokaryotische Zellen 608
Eukaryotische Zellen 610
Die eukaryotische Zellmembran 612
Das Cytoplasma 614
Der Zellkern 614
Das endoplasmatische Reticulum und die Ribosomen 615
Der Golgi-Apparat 615
Die Mitochondrien 616
Die Chloroplasten 619
Lysosomen und Peroxisomen 620
Die Strategie einer eukaryotischen Zelle 621

26. Kapitel

Der Ursprung des Lebens auf der Erde 627

Biochemisches Erbgut des Lebens 629
Bedingungen für das Erscheinen von Leben 631

Die Oparin-Haldane-Theorie für den Ursprung des Lebens	632
Geologische Befunde	633
Präkambrische Fossilien	635
Die Laborbefunde	638
Die Probleme der organisierten Zellen	640
Polymere und Mikrosphären	641
Coacervat-Tropfen und „Protobionten“	642
Das Drama Leben	645

Anhang 1	651
-----------------	-----

Anhang 2	653
-----------------	-----

Antworten und Lösungen zu den Fragen und Problemen	659
---	-----

Register	683
-----------------	-----