

# *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: $\text{Li}_2\text{O}$	78
Sauer und basisch zugleich: $\text{BeO}$	79
Das erste eindeutig saure Oxid: $\text{B}_2\text{O}_3$	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<sub>2</sub> 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

<b>Anhang 1</b>	651
-----------------	-----

<b>Anhang 2</b>	653
-----------------	-----

<b>Antworten und Lösungen zu den Fragen und Problemen</b>	659
---	-----

<b>Register</b>	683
-----------------	-----