

# Inhalt

## Vorbemerkung — V

- 1 Physikalische Chemie — 1**
  - 1.1 Einleitung — 1
  - 1.2 Fundamentales zur Physikalischen Chemie — 2
  - 1.3 Gebiete der Physikalischen Chemie — 4
  - 1.4 Absolute Wahrheiten? — 5
  
- 2 Grundbegriffe der Thermodynamik — 6**
  - 2.1 Zustand — 6
  - 2.2 System und Umgebung — 7
  - 2.3 Phase — 7
  - 2.4 Gleichgewichte — 8
  - 2.5 Arbeit — 9
  - 2.6 Nullter Hauptsatz und Temperatur — 10
  - 2.7 Wärme — 11
  - 2.8 Wärmekapazität — 12
  - 2.9 Isotherme und adiabatische Prozesse — 14
  - 2.10 Intensive und extensive Größen — 14
  - 2.11 Aufgaben mit Antworten — 15
  - 2.12 Aufgaben — 20
  
- 3 Ein bisschen praktische Mathematik I — 21**
  - 3.1 Warum Mathe? — 21
  - 3.2 Ein Beispiel — 23
  - 3.3 Erwartete Vorkenntnisse — 23
  - 3.4 Differentiale und Integrale — 24
  - 3.5 Zahlen und Stellen — 26
  - 3.6 Einheiten — 26
  - 3.7 Algebra — 27
  - 3.8 Funktionsanalyse — 28
  - 3.9 Linearisierung — 28
  - 3.10 Differentialgleichungen — 29
  - 3.11 Summen und Reihen — 32
  - 3.12 Aufgaben mit Antworten — 33
  - 3.13 Aufgaben — 38
  
- 4 Das ideale Gas — 39**
  - 4.1 Experimentelle Befunde — 39

## VIII — Inhalt

- 4.2 Das Gesetz des idealen Gases — 40
- 4.3 Zusammenhänge — 41
- 4.4 Beispiel 1 — 43
- 4.5 Beispiel 2 — 43
- 4.6 Beispiel 3 — 45
- 4.7 Aufgaben mit Antworten — 45
- 4.8 Aufgaben — 46
  
- 5 Die zwei ‚Zus‘ — 48**
- 5.1 Zusammenhänge — 48
- 5.2 Partielle Differentiation — 49
- 5.3 Zustandsfunktionen — 52
- 5.4 Zusammenhänge und Zustandsfunktionen — 55
- 5.5 Beispiel 1 — 57
- 5.6 Einige Formeln für die partiellen Differentialquotienten — 57
- 5.7 Beispiel 2 — 59
- 5.8 Aufgaben mit Antworten — 60
- 5.9 Aufgaben — 63
  
- 6 Anwendungen und Grenzen vom Gesetz des idealen Gases — 64**
- 6.1 Einige Koeffizienten — 64
- 6.2 Gesetz von Dalton — 64
- 6.3 Anwendungen des idealen Gasgesetzes — 66
- 6.4 Van der Waals Gas — 67
- 6.5 Beispiel 1 — 72
- 6.6 Beispiel 2 — 73
- 6.7 Beispiel 3 — 74
- 6.8 Aufgaben mit Antworten — 74
- 6.9 Aufgaben — 75
  
- 7 Erster Hauptsatz der Thermodynamik — 76**
- 7.1 Innere Energie — 77
- 7.2 Reversible Prozesse — 81
- 7.3 Beispiel 1 — 82
- 7.4 Enthalpie — 83
- 7.5 Beispiel 2 — 85
- 7.6 Beispiel 3 — 85
- 7.7 Beispiel 4 — 86
- 7.8 Aufgaben mit Antworten — 86
- 7.9 Aufgaben — 87

<b>8</b>	<b>Partielle Molare Größen — 89</b>
8.1	Vollständiges Differential und Partielle Molare Größen — 89
8.2	Partielles Molares Volumen — 90
8.3	Gibbs – Duhem Beziehung — 92
8.4	Aufgaben mit Antworten — 93
8.5	Aufgaben — 93
<b>9</b>	<b>Chemische Reaktionen — 95</b>
9.1	Reaktionslaufzahl und Stöchiometrische Koeffizienten — 95
9.2	Beispiel 1 — 98
9.3	Beispiel 2 — 99
9.4	Beispiel 3 — 99
9.5	Beispiel 4 — 99
9.6	Satz von Hess — 100
9.7	Beispiel 5 — 101
9.8	Satz von Kirchhoff — 101
9.9	Atomisierungsenthalpien und -Energien — 102
9.10	Bildungsenthalpien und -Energien — 103
9.11	Beispiel 6 — 104
9.12	Beispiel 7 — 105
9.13	Beispiel 8 — 106
9.14	Bindungsenthalpien und -Energien — 107
9.15	Verbrennungsenthalpien und -Energien — 107
9.16	Enthalpie- und Energieänderungen bei anderen Typen von Prozessen — 107
9.17	Beispiel 9 — 108
9.18	Kalorimetrie — 109
9.19	Born–Haber Kreisprozess — 110
9.20	Aufgaben mit Antworten — 112
9.21	Aufgaben — 114
<b>10</b>	<b>Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik — 116</b>
10.1	Grundlagen — 116
10.2	Die Entropie — 118
10.3	Aufgaben mit Antworten — 124
10.4	Aufgaben — 125
<b>11</b>	<b>Kreisprozesse — 127</b>
11.1	Beispiele von Kreisprozessen — 127
11.2	Adiabatengleichung — 129
11.3	Carnot's Kreisprozess — 131
11.4	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik nochmals — 134

- 11.5 Aufgaben mit Antworten — 137
- 11.6 Aufgaben — 138
  
- 12 Gleichgewichtsbedingungen — 139**
  - 12.1 Fünf Szenarien — 139
  - 12.2 Isotherme Prozesse — Freie Energie und Freie Enthalpie — 143
  - 12.3 Verschiedene Prozesse — 146
  - 12.4 Gibbs und Maxwell Gleichungen — 147
  - 12.5 Beispiel 1 — 149
  - 12.6 Beispiel 2 — 149
  - 12.7 Beispiel 3 — 150
  - 12.8 Das Chemische Potential — 151
  - 12.9 Das Chemische Potential für reine Stoffe — 151
  - 12.10 Das Chemische Potential für Mischungen — 153
  - 12.11 Massenwirkungsgesetz — 155
  - 12.12 Phasenregel von Gibbs — 158
  - 12.13 Phasendiagramme für reine Substanzen — 160
  - 12.14 Aufgaben mit Antworten — 161
  - 12.15 Aufgaben — 162
  
- 13 Ein bisschen praktische Mathematik II — 164**
  - 13.1 Warum Wahrscheinlichkeiten und PC? — 164
  - 13.2 Diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen — 164
  - 13.3 Kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen — 167
  - 13.4 Mittelwert, Varianz und Breite — 169
  - 13.5 Wahrscheinlichste Verteilung — 171
  - 13.6 Stirling's Näherung — 172
  - 13.7 Aufgaben mit Antworten — 172
  - 13.8 Aufgaben — 173
  
- 14 Kinetische Gastheorie — 174**
  - 14.1 Druck und Temperatur eines idealen Gases — 174
  - 14.2 Gleichverteilung der Energie — 179
  - 14.3 Aufgaben mit Antworten — 182
  - 14.4 Aufgaben — 182
  
- 15 Statistische Thermodynamik — 184**
  - 15.1 Spielregeln — 184
  - 15.2 Boltzmann Verteilung — 186
  - 15.3 Barometrischer Höhenformel — 189
  - 15.4 Geschwindigkeitsverteilungen — 190
  - 15.5 Bose–Einstein und Fermi–Dirac Verteilung — 192

- 15.6 Zustandssumme — 193
- 15.7 Entropie — 194
- 15.8 Aufgaben mit Antworten — 195
- 15.9 Aufgaben — 199
  
- 16 Ein bisschen praktische Mathematik III — 200**
- 16.1 Komplexe Zahlen — 200
- 16.2 Kugelkoordinaten — 201
- 16.3 Operatoren — 203
- 16.4 Eigenfunktionen und Eigenwerte — 203
- 16.5 Aufgaben mit Antworten — 204
- 16.6 Aufgaben — 204
  
- 17 Warum Quantentheorie? — 205**
- 17.1 Einleitung — 205
- 17.2 Strahlung eines schwarzen Körpers — 206
- 17.3 Wärmekapazitäten fester Körper — 210
- 17.4 Photoelektrischer Effekt — 210
- 17.5 Das Doppelspaltexperiment — 212
- 17.6 Compton Beugung — 212
- 17.7 Welle-Teilchen Dualismus — 213
- 17.8 Spektren — 213
- 17.9 Aufgaben mit Antworten — 215
- 17.10 Aufgaben — 216
  
- 18 Basis der Quantentheorie — 218**
- 18.1 Die Zeit-abhängige Schrödinger Gleichung — 218
- 18.2 Die Zeit-unabhängige Schrödinger Gleichung — 218
- 18.3 Die Wellenfunktion — 221
- 18.4 Heisenberg's Unschärferelation — 222
- 18.5 Aufgaben mit Antworten — 223
- 18.6 Aufgaben — 225
  
- 19 Teilchen im Kasten — 226**
- 19.1 Die Schrödingergleichung und ihre Lösungen — 226
- 19.2 Zeitabhängige Lösungen — 228
- 19.3 Erwartungswerte — 230
- 19.4 Kinetische Energie — 232
- 19.5 Experimentelle Realisierungen — 235
- 19.6 Mehrere Dimensionen — 235
- 19.7 Aufgaben mit Antworten — 236
- 19.8 Aufgaben — 238

## XII — Inhalt

### 20 **Andere Einfache Systeme — 240**

- 20.1 Freies Teilchen in einer Dimension — 240
- 20.2 Stufen — 242
- 20.3 Tunneleffekt — 243
- 20.4 Rastertunnelmikroskop — 247
- 20.5 Harmonischer Oszillator — 249
- 20.6 Aufgaben mit Antworten — 252
- 20.7 Aufgaben — 253

### 21 **Atome — 255**

- 21.1 Bohr's Modell für das Wasserstoffatom — 255
- 21.2 Das H Atom — 256
- 21.3 Spin — 261
- 21.4 Das Periodensystem — 262
- 21.5 Aufgaben — 264

### 22 **Moleküle — 265**

- 22.1 Das Problem — 265
- 22.2 Das  $H_2^+$  Molekülion — 266
- 22.3 Das  $H_2$  und das  $He_2$  Molekül — 269
- 22.4 Komplexere Moleküle — 271
- 22.5 Aufgaben — 275

### 23 **Kinetik — 276**

- 23.1 Grundlagen — 276
- 23.2 Reaktion Erster Ordnung — 280
- 23.3 Reaktion Zweiter Ordnung — 281
- 23.4 Reaktion Dritter Ordnung — 282
- 23.5 Reaktion Nullter Ordnung — 282
- 23.6 Bestimmung der Reaktionsordnung — 283
- 23.7 Folgereaktionen — 283
- 23.8 Parallele Reaktionen — 284
- 23.9 Arrhenius Gleichung — 285
- 23.10 Explosion — 287
- 23.11 Kettenreaktionen — 288
- 23.12 Bodenstein Reaktion — 288
- 23.13 Polymerisation — 290
- 23.14 Gleichgewichtskonstante — 290
- 23.15 Aufgaben mit Antworten — 290
- 23.16 Aufgaben — 293

<b>24</b>	<b>Elektrochemie — 295</b>
24.1	Einleitung — 296
24.2	Fünf Beispiele — 296
24.3	Faraday's Gesetze — 299
24.4	Leitfähigkeit — 300
24.5	Starke und schwache Elektrolyte — 303
24.6	Debye-Hückel-Onsager Theorie — 303
24.7	Grotthuss Mechanismus — 305
24.8	Zellspannung — 307
24.9	Aufgaben — 310
	<b>Stichwortverzeichnis — 311</b>