

# Inhalt

## Vorbemerkung — V

- 1      Physikalische Chemie — 1**
  - 1.1      Einleitung — 1
  - 1.2      Fundamentales zur Physikalischen Chemie — 2
  - 1.3      Gebiete der Physikalischen Chemie — 3
  - 1.4      Absolute Wahrheiten? — 5
  
- 2      Grundbegriffe der Thermodynamik — 6**
  - 2.1      Zustand — 6
  - 2.2      System und Umgebung — 6
  - 2.3      Phase — 7
  - 2.4      Gleichgewichte — 7
  - 2.5      Arbeit — 8
  - 2.6      Nullter Hauptsatz und Temperatur — 10
  - 2.7      Wärme — 11
  - 2.8      Wärmekapazität — 11
  - 2.9      Isotherme und adiabatische Prozesse — 14
  - 2.10     Intensive und extensive Größen — 14
  - 2.11     Aufgaben mit Antworten — 15
  - 2.12     Aufgaben — 19
  
- 3      Ein bisschen praktische Mathematik I — 21**
  - 3.1      Warum Mathematik? — 21
  - 3.2      Ein Beispiel — 22
  - 3.3      Erwartete Vorkenntnisse — 23
  - 3.4      Differenziale und Integrale — 24
  - 3.5      Zahlen und Stellen — 25
  - 3.6      Einheiten — 26
  - 3.7      Algebra — 26
  - 3.8      Funktionsanalyse — 27
  - 3.9      Linearisierung — 28
  - 3.10     Differenzialgleichungen — 28
  - 3.11     Summen und Reihen — 32
  - 3.12     Aufgaben mit Antworten — 33
  - 3.13     Aufgaben — 37

<b>4</b>	<b>Das ideale Gas — 39</b>
4.1	Experimentelle Befunde — 39
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 — 44
4.7	Aufgaben mit Antworten — 45
4.8	Aufgaben — 46
<b>5</b>	<b>Die zwei ‚Zus‘ — 48</b>
5.1	Zusammenhänge — 48
5.2	Partielle Differenziation — 49
5.3	Zustandsfunktionen — 51
5.4	Zusammenhänge und Zustandsfunktionen — 54
5.5	Beispiel 1 — 56
5.6	Einige Formeln für die partiellen Differenzialquotienten — 56
5.7	Beispiel 2 — 58
5.8	Aufgaben mit Antworten — 59
5.9	Aufgaben — 61
<b>6</b>	<b>Anwendungen und Grenzen des Gesetzes des idealen Gases — 62</b>
6.1	Einige Koeffizienten — 62
6.2	Gesetz von Dalton — 62
6.3	Anwendungen des idealen Gasgesetzes — 64
6.4	Van-der-Waals-Gas — 65
6.5	Beispiel 1 — 70
6.6	Beispiel 2 — 71
6.7	Beispiel 3 — 72
6.8	Aufgaben mit Antworten — 72
6.9	Aufgaben — 73
<b>7</b>	<b>Erster Hauptsatz der Thermodynamik — 74</b>
7.1	Innere Energie — 75
7.2	Reversible Prozesse — 79
7.3	Beispiel 1 — 79
7.4	Enthalpie — 80
7.5	Beispiel 2 — 82
7.6	Beispiel 3 — 83
7.7	Beispiel 4 — 83
7.8	Aufgaben mit Antworten — 83
7.9	Aufgaben — 85

<b>8</b>	<b>Partielle molare Größen — 86</b>
8.1	Vollständiges Differenzial und partielle molare Größen — 86
8.2	Partielles molares Volumen — 87
8.3	Gibbs-Duhem-Beziehung — 89
8.4	Aufgaben mit Antworten — 90
8.5	Aufgaben — 90
<b>9</b>	<b>Chemische Reaktionen — 92</b>
9.1	Reaktionslaufzahl und stöchiometrische Koeffizienten — 92
9.2	Beispiel 1 — 95
9.3	Beispiel 2 — 96
9.4	Beispiel 3 — 96
9.5	Beispiel 4 — 96
9.6	Satz von Hess — 97
9.7	Beispiel 5 — 98
9.8	Satz von Kirchhoff — 98
9.9	Atomisierungsenthalpien und -energien — 99
9.10	Bildungsenthalpien und -energien — 100
9.11	Beispiel 6 — 102
9.12	Beispiel 7 — 103
9.13	Beispiel 8 — 104
9.14	Bindungsenthalpien und -energien — 104
9.15	Verbrennungsenthalpien und -energien — 105
9.16	Enthalpie- und Energieänderungen bei anderen Typen von Prozessen — 105
9.17	Beispiel 9 — 106
9.18	Kalorimetrie — 106
9.19	Born-Haber-Kreisprozess — 108
9.20	Aufgaben mit Antworten — 109
9.21	Aufgaben — 111
<b>10</b>	<b>Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik — 114</b>
10.1	Grundlagen — 114
10.2	Die Entropie — 116
10.3	Aufgaben mit Antworten — 122
10.4	Aufgaben — 123
<b>11</b>	<b>Kreisprozesse — 124</b>
11.1	Beispiele von Kreisprozessen — 124
11.2	Adiabatengleichung — 126
11.3	Carnots Kreisprozess — 128
11.4	Nochmals der zweite Hauptsatz der Thermodynamik — 131

11.5	Aufgaben mit Antworten —	134
11.6	Aufgaben —	135
<b>12</b>	<b>Gleichgewichtsbedingungen —</b>	<b>136</b>
12.1	Fünf Szenarien —	136
12.2	Isotherme Prozesse – freie Energie und freie Enthalpie —	140
12.3	Verschiedene Prozesse —	142
12.4	Gibbs- und Maxwell-Gleichungen —	143
12.5	Beispiel 1 —	145
12.6	Beispiel 2 —	145
12.7	Beispiel 3 —	146
12.8	Das chemische Potenzial —	147
12.9	Das chemische Potenzial für reine Stoffe —	148
12.10	Das chemische Potenzial für Mischungen —	149
12.11	Massenwirkungsgesetz —	151
12.12	Phasenregel von Gibbs —	152
12.13	Phasendiagramme für reine Substanzen —	153
12.14	Aufgaben mit Antworten —	157
12.15	Aufgaben —	158
<b>13</b>	<b>Ein bisschen praktische Mathematik II —</b>	<b>160</b>
13.1	Warum Wahrscheinlichkeiten und PC? —	160
13.2	Diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilungen —	160
13.3	Kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen —	162
13.4	Mittelwert, Varianz und Breite —	164
13.5	Wahrscheinlichste Verteilung —	166
13.6	Stirlings Näherung —	167
13.7	Aufgaben mit Antworten —	168
13.8	Aufgaben —	169
<b>14</b>	<b>Kinetische Gastheorie —</b>	<b>170</b>
14.1	Druck und Temperatur eines idealen Gases —	170
14.2	Gleichverteilung der Energie —	174
14.3	Aufgaben mit Antworten —	178
14.4	Aufgaben —	178
<b>15</b>	<b>Statistische Thermodynamik —</b>	<b>180</b>
15.1	Spielregeln —	180
15.2	Boltzmann-Verteilung —	182
15.3	Barometrische Höhenformel —	185
15.4	Geschwindigkeitsverteilungen —	185
15.5	Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilung —	187

- 15.6 Zustandssumme — 187
- 15.7 Entropie — 189
- 15.8 Aufgaben mit Antworten — 190
- 15.9 Aufgaben — 194
  
- 16 Ein bisschen praktische Mathematik III — 195**
- 16.1 Komplexe Zahlen — 195
- 16.2 Kugelkoordinaten — 196
- 16.3 Operatoren — 197
- 16.4 Eigenfunktionen und Eigenwerte — 198
- 16.5 Aufgaben mit Antworten — 198
- 16.6 Aufgaben — 199
  
- 17 Warum Quantentheorie? — 200**
- 17.1 Einleitung — 200
- 17.2 Strahlung eines schwarzen Körpers — 201
- 17.3 Wärmekapazitäten fester Körper — 203
- 17.4 Photoelektrischer Effekt — 205
- 17.5 Das Doppelspaltexperiment — 206
- 17.6 Compton-Beugung — 207
- 17.7 Welle-Teilchen-Dualismus — 208
- 17.8 Spektren — 208
- 17.9 Aufgaben mit Antworten — 210
- 17.10 Aufgaben — 211
  
- 18 Basis der Quantentheorie — 213**
- 18.1 Die zeitabhängige Schrödinger-Gleichung — 213
- 18.2 Die zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung — 213
- 18.3 Die Wellenfunktion — 215
- 18.4 Heisenbergs Unschärferelation — 217
- 18.5 Aufgaben mit Antworten — 217
- 18.6 Aufgaben — 219
  
- 19 Teilchen im Kasten — 220**
- 19.1 Die Schrödinger-Gleichung und ihre Lösungen — 220
- 19.2 Zeitabhängige Lösungen — 222
- 19.3 Erwartungswerte — 224
- 19.4 Kinetische Energie — 226
- 19.5 Experimentelle Realisierungen — 227
- 19.6 Mehrere Dimensionen — 229
- 19.7 Aufgaben mit Antworten — 230
- 19.8 Aufgaben — 232

<b>20</b>	<b>Andere einfache Systeme — 233</b>
20.1	Freies Teilchen in einer Dimension — 233
20.2	Stufen — 235
20.3	Tunneleffekt — 237
20.4	Rastertunnelmikroskop — 242
20.5	Harmonischer Oszillator — 243
20.6	Aufgaben mit Antworten — 247
20.7	Aufgaben — 247
<b>21</b>	<b>Atome — 248</b>
21.1	Bohrs Modell für das Wasserstoffatom — 248
21.2	Das H-Atom — 250
21.3	Spin — 255
21.4	Das Periodensystem — 256
21.5	Aufgaben — 257
<b>22</b>	<b>Moleküle — 259</b>
22.1	Das Problem — 259
22.2	Das $H_2^+$ -Molekülion — 260
22.3	Das $H_2$ - und das $He_2$ -Molekül — 263
22.4	Komplexere Moleküle — 264
22.5	Aufgaben — 267
<b>23</b>	<b>Kinetik — 269</b>
23.1	Grundlagen — 269
23.2	Reaktion erster Ordnung — 273
23.3	Reaktion zweiter Ordnung — 274
23.4	Reaktion dritter Ordnung — 275
23.5	Reaktion nullter Ordnung — 276
23.6	Bestimmung der Reaktionsordnung — 276
23.7	Folgereaktionen — 276
23.8	Parallele Reaktionen — 278
23.9	Arrhenius-Gleichung — 278
23.10	Explosion — 281
23.11	Kettenreaktionen — 281
23.12	Bodenstein-Reaktion — 282
23.13	Polymerisation — 282
23.14	Gleichgewichtskonstante — 283
23.15	Aufgaben mit Antworten — 284
23.16	Aufgaben — 287

<b>24</b>	<b>Elektrochemie — 289</b>
24.1	Einleitung — 289
24.2	Fünf Beispiele — 292
24.3	Faradays Gesetze — 294
24.4	Leitfähigkeit — 295
24.5	Starke und schwache Elektrolyte — 297
24.6	Debye-Hückel-Onsager-Theorie — 298
24.7	Grotthuss-Mechanismus — 298
24.8	Zellspannung — 300
24.9	Aufgaben — 303
	<b>Stichwortverzeichnis — 305</b>