

Auf einen Blick

Über den Autor	7
Einführung	19
Teil I: Kräfte und Substanzen	27
Kapitel 1: Gase unter Druck: Die Gasgesetze	29
Kapitel 2: Zerreißprobe für Feststoffe – Verformung	39
Kapitel 3: Die Sache kommt in Fluss – Viskosität	45
Kapitel 4: Übungen	65
Teil II: Reinstoffe und Mischungen	73
Kapitel 5: Zustandsdiagramme (Phasendiagramme)	75
Kapitel 6: Lösungen und Mischungen	87
Kapitel 7: Oberflächlich betrachtet: Grenzflächenphänomene	113
Kapitel 8: Übungen	133
Teil III: Reaktionskinetik	139
Kapitel 9: Lassen Sie es krachen: Die chemische Reaktion	141
Kapitel 10: Wer mit wem – die Reaktionsordnung	147
Kapitel 11: Mit Spannung erwartet – Die Elektrochemie	165
Kapitel 12: Übungen	177
Teil IV: Thermodynamik	183
Kapitel 13: Zustands- und Prozessgrößen – die Bausteine der Thermodynamik	185
Kapitel 14: Robert von Mayer und der erste Hauptsatz der Thermodynamik – Ein Arzt und die Energieerhaltung	195
Kapitel 15: Alles in Unordnung – Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	201
Kapitel 16: Zustände und Zustandsänderungen	223
Kapitel 17: Links oder rechts – die Kreisprozesse	235
Kapitel 18: Gas-Dampf-Gemische – Alles feuchte Luft?	251
Kapitel 19: Jetzt wird es brenzlig – Verbrennung	263
Kapitel 20: Übungen	275
Teil V: Wechselwirkungen	279
Kapitel 21: Spektroskopie	281
Kapitel 22: Molecular Modeling	299
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	311
Kapitel 23: Zehn (Groß-)Väter der Physikalischen Chemie	313
Kapitel 24: Zehn Tipps für Studierende	321

Teil VII: Anhänge 331

Anhang A: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 4..... 333

Anhang B: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 8..... 337

Anhang C: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 12..... 345

Anhang D: Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 20..... 351

Abbildungsverzeichnis 355

Stichwortverzeichnis..... 359

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	7
Einführung	19
Über dieses Buch	20
Konventionen in diesem Buch	20
Törichte Annahmen über den Leser	21
Wie dieses Buch aufgebaut ist	21
Teil I: Kräfte und Substanzen	22
Teil II: Reinstoffe und Mischungen	22
Teil III: Reaktionskinetik	22
Teil IV: Thermodynamik	23
Teil V: Wechselwirkungen	23
Teil VI: Der Top-Ten-Teil	23
Teil VII Anhänge	24
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	24
Wie es weitergeht	24
 TEIL I	
KRÄFTE UND SUBSTANZEN	27
Kapitel 1	
Gase unter Druck: Die Gasgesetze	29
Physik plus Chemie gleich Physikalische Chemie?	29
Das ideale Gas	30
Druck	30
Temperatur	31
Das Boyle-Mariotte'sche Gesetz	31
Das Gay-Lussac'sche Gesetz	33
Die allgemeine Gasgleichung	35
Das reale Gas	36
 Kapitel 2	
Zerreißprobe für Feststoffe – Verformung	39
Dehnung und Stauchung	39
Das Hooke'sche Gesetz	41
Elastisch, plastisch, bis es zerreißt	43
 Kapitel 3	
Die Sache kommt in Fluss – Viskosität	45
Zähe Sache, die idealviskosen Flüssigkeiten	45
Moleküle im laminaren Gleichschritt	46
Das Newton'sche Gesetz	47

12 Inhaltsverzeichnis

Nicht alles ist ideal: strukturviskos bis thixotrop.....	50
Pseudoplastisch und dilatant durch dick und dünn	50
Plastische Strukturverluste mit Thixotropie.....	54
Messmethoden und praktische Anwendungen	56
Das Stokes'sche Gesetz.....	56
Das Kugelfallviskosimeter nach Höppler.....	59
Das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz.....	60
Das Kapillarviskosimeter nach Ostwald.....	61
Das Rotationsviskosimeter.....	63
Kapitel 4	
Übungen	65
Berechnung des Sprühdruks einer Sprayflasche.....	65
Bestimmung der Molmasse eines löslichen Polymers	66
Vorsicht! Logarithmus! Bestimmung des Fließverhaltens einer strukturviskosen Flüssigkeit.....	69
TEIL II	
REINSTOFFE UND MISCHUNGEN	73
Kapitel 5	
Zustandsdiagramme (Phasendiagramme).....	75
Die Zustände fest, flüssig und gasförmig.....	75
Zustandsdiagramme.....	76
Verwirrende Zustände – Tripelpunkt und überkritisches Gas	77
Anomalie des Wassers	79
Gibbs'sche Phasenregel.....	80
Modifikation und Allotropie	81
Eiskalt weggedampft und lyophil nach der Gefriertrocknung	83
Ohne Energie läuft nichts!.....	85
Kapitel 6	
Lösungen und Mischungen	87
Das ist die ideale Lösung.....	88
Dampfdruck einer reinen Flüssigkeit	88
Dampfdruckdiagramm einer idealen Mischung.....	90
Einfaches Rechnen mit Molen	91
Kolligative Eigenschaften.....	92
Dampfdruck.....	93
Siedepunkt.....	93
Gefrierpunkt	94
Osmotischer Druck.....	97
Nichts wie weg! Diffusion, Auflösung und Verteilung.....	102
Die Fick'schen Diffusionsgesetze.....	103
Die Noyes-Whitney-Gleichung	103
Der Nernst'sche Verteilungskoeffizient.....	104
Zwei Stoffe schmelzen dahin bis zum eutektischen Tiefpunkt.....	105
Darf es etwas mehr sein? – Dreikomponentendiagramme	109

Kapitel 7

Oberflächlich betrachtet: Grenzflächenphänomene.....	113
Moleküle im Spannungsfeld an der Grenze	113
Die »schwimmende« Büroklammer	113
Die Oberflächenspannung als Kraft pro Länge	114
Die Oberflächenspannung als Energie pro Fläche.....	114
Ringmethode, Tropfmethode und Blasendruckmethode.....	116
Ringmethode	116
Tropfmethode	117
Blasendruckmethode.....	118
Tenside: Und die Spannung ist weg	119
Hydrophilie und Lipophilie.....	119
Gesplante Persönlichkeit: das Tensidmolekül	119
Gemeinsam sind wir stark: die Mizelle	121
Tenside als Emulgatoren.....	122
Tenside als Reinigungsmittel	123
Saugen ohne Unterdruck: Die Kapillarität.....	123
Flach bis kugelrund: Der Benetzungswinkel.....	123
Es wird eng: Depression und Aszension in Kapillaren.....	125
Es geht aufwärts: Die Steighöhenmethode	126
Adsorptionsisotherme: Die freundliche Art zu klammern.....	127
Hin und weg bis zum Adsorptionsgleichgewicht.....	128
Die Adsorptionsisotherme nach Freundlich	128
Bei Langmuir wird der Platz knapp	130
Es geht doch was nach BET.....	131

Kapitel 8

Übungen	133
Isotonisierung einer Arzneistofflösung	133
Noch mal Vorsicht! Logarithmische Auswertung eines Adsorptionsversuchs	134
Experimentelle Erstellung eines Dreiecksdiagramms.....	136
Nicht so einfach, wie es scheint! Ausschütteln mit Ether	138

TEIL III

REAKTIONSKINETIK.....	139
------------------------------	------------

Kapitel 9

Lassen Sie es krachen: Die chemische Reaktion	141
Wer mit wem und wohin: Edukte und Produkte	141
Die zwei Akteure prallen aufeinander	142
Trefferquote	143
Zurück mit Zins: Aktivierungsenergie und Energiebilanz.....	143
In der Kürze liegt die Würze.....	145

Kapitel 10

Wer mit wem – die Reaktionsordnung	147
Einer für alle	148
Reaktionen erster und pseudoerster Ordnung	148
Von der Reaktionsgleichung zur Halbwertszeit	150
Strahlend: Der radioaktive Zerfall	151
Zersetzende Flüssigkeit: Die Hydrolyse	153
Der Logarithmus hilft beim Geradebiegen	154
Reaktionen nullter Ordnung	156
Ab durch das Nadelöhr	156
Reaktionen zweiter Ordnung	158
Etwas durcheinander: Die Michaelis-Menten-Kinetik	160
Es geht auch noch schneller: Die Arrhenius-Gleichung	163

Kapitel 11

Mit Spannung erwartet – Die Elektrochemie	165
Der Handel mit Elektronen	165
Das Recht des Stärkeren	166
Batterien, Akkus und Brennstoffzellen	170
Wer es genau wissen will – die Nernst-Gleichung	171
Es geht auch umgekehrt – die Galvanisierung	172

Kapitel 12

Übungen	177
Hydrolyse eines Esters in wässriger Lösung	178
Stresstest und Arrhenius-Plot	180

TEIL IV

THERMODYNAMIK	183
----------------------	------------

Kapitel 13

Zustands- und Prozessgrößen – die Bausteine der Thermodynamik	185
Der Ort des Geschehens – das thermodynamische System	185
Zustand oder Prozess?	188
Zustands- und Prozessgrößen	188
Zustandsgleichungen	190
Thermodynamische Prozesse	191
Ein klein wenig Mathematik	192
Es kommt auf Änderungen an: Differenzen und Differenziale	192
Sie beschreiben Änderungen: Ableitungen	192

Kapitel 14

Robert von Mayer und der erste Hauptsatz der Thermodynamik – Ein Arzt und die Energieerhaltung 195

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	196
Energetische Zustandsgrößen: Die innere Energie U und die Enthalpie H.....	197
Der Energieinhalt eines Systems.....	197
Der Wärmeinhalt eines Systems.....	198
Wärmekapazität.....	198

Kapitel 15

Alles in Unordnung – Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik..... 201

Der zweite Hauptsatz und seine Bedeutung.....	201
Jedes System besitzt Entropie	202
Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	204
Grafische Darstellung von Bilanzen	206
Etwas Mathematik ist erforderlich: Entropieänderungen	207
Entropieänderung bei Zustandsänderungen ohne Phasenänderung.....	208
Entropieänderung bei Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung.....	211
Entropie am Beispiel eines Druckbehälters.....	212
Prozesse verständlicher machen: Das T-s-Diagramm.....	215
Energieumwandlungen.....	216
Über die Qualität von Energieformen.....	216
Der Idealfall: Der Carnot-Prozess.....	218

Kapitel 16

Zustände und Zustandsänderungen..... 223

Grundlagen.....	223
Zustandsänderungen idealer Gase	224
Isochore Zustandsänderung	225
Isobare Zustandsänderung	225
Isotherme Zustandsänderung	226
Adiabate Zustandsänderung.....	227
Isentrope Zustandsänderung.....	228
Polytrope Zustandsänderung.....	229
Zustandsgrößen und Zustandsänderungen grafisch darstellen.....	230
Das T-s-Diagramm von Wasser als Beispiel.....	230

Kapitel 17

Links oder rechts – die Kreisprozesse 235

Wärme teilweise in Arbeit umwandeln: Rechtskreisprozesse.....	236
Grundprinzip.....	236
Der Clausius-Rankine-Prozess	238
Der Joule-Prozess.....	240
Der Otto-Prozess	244
Der Diesel-Prozess.....	246

Der Linkskreisprozess oder: Wie funktioniert der Kühlschrank?.....	247
Allgemeine Bemerkungen zu Linkskreisprozessen.....	247
Der Wärmepumpenprozess.....	249

Kapitel 18

Gas-Dampf-Gemische – Alles feuchte Luft?	251
Absolute und relative Feuchte	251
Relativ oder absolut: Maße für die Luftfeuchtigkeit.....	251
Umrechnungen	253
Wichtige Hilfsmittel: Mollier-Diagramme.....	254
Aufbau eines Mollier-T-y-Diagramms	254
Arbeiten mit dem Diagramm: Zustandsänderungen feuchter Luft.....	257
Erwärmung.....	257
Abkühlung.....	257
Mischung.....	258
Beispiel: Mischung zweier Luftströme.....	258
Befeuchtung und Trocknung.....	258

Kapitel 19

Jetzt wird es brenzlig – Verbrennung	263
Ablauf der Verbrennung.....	263
Ihre Reihe ist ziemlich lang: Brennstoffe.....	263
Voraussetzungen für eine Verbrennung	266
Arten der Verbrennung	266
Stöchiometrische Verbrennungsrechnung	266
Berechnung des Luftbedarfs für Brennstoffe	267
Berechnung der Rauchgasmenge	270
Verbrennungsrechnung mit Brennstoffkenngrößen	272
Verbrennungstemperatur und Taupunkt des Rauchgases.....	273

Kapitel 20

Übungen	275
Zustände können sich ändern	275
Sie können nicht funktionieren: Perpetua mobilia.....	276
Besser geht es nicht: Der Carnot-Prozess.....	277
Sie funktionieren sehr wohl: Otto- und Dieselmotor.....	277
Alles nur feuchte Luft.....	277

TEIL V

WECHSELWIRKUNGEN	279
-------------------------------	------------

Kapitel 21

Spektroskopie	281
Das elektromagnetische Spektrum.....	281
Kleine Energie, große Wirkung – Radiowellen	284
Feinstrukturen durch Verschiebung und Kopplung erkennen	286

Hier wird es heiß – Mikrowellen	288
Bindungen im Tanzfieber – Infrarotspektroskopie	289
Schauen wir mal – UV/Vis-Spektroskopie.....	291
Jetzt wird es kristallklar – Röntgenstrukturanalyse.....	294
Röntgendiagnose.....	295
Röntgenstrukturanalyse	296

Kapitel 22

Molecular Modeling 299

Vom Aussehen eines Moleküls.....	299
Molekülmechanik: Kraftfeldmethoden.....	302
Die Energiegleichungen eines Kraftfelds.....	302
Zusammenfassen und Zeit sparen.....	304
Vom Berg ins Tal mit geschlossenen Augen.....	305
Mit Dynamik die Moleküle bewegen	306
Quantenchemie mit der unlösbaren Schrödinger-Gleichung.....	307
Semi-empirisch mit MNDO und Co.	308
Von Anfang an: Ab-initio-Berechnungen.....	309

TEIL VI

DER TOP-TEN-TEIL 311

Kapitel 23

Zehn (Groß-)Väter der Physikalischen Chemie..... 313

Wilhelm Ostwald.....	313
Svante Arrhenius.....	314
Jacobus Henricus van 't Hoff.....	315
Walther Nernst	315
Josiah Willard Gibbs.....	316
Johannes Diderik van der Waals.....	316
Jean Louis Marie Poiseuille	317
Irving Langmuir.....	317
Julius Robert von Mayer	318
Nicolas Léonard Sadi Carnot.....	319

Kapitel 24

Zehn Tipps für Studierende 321

Nur scheinbar kompliziert – keine Angst vor mathematischen Formeln.....	321
Diagramme verstehen – nicht auswendig lernen	322
Was du heute kannst besorgen	323
Vorlesungen sind besser als Bücher	324
Übungen und Seminare sind noch besser als Vorlesungen	324
Praktika: Sauber arbeiten, denken und dokumentieren.....	325
Wie Fehler entstehen und wie Sie diese vermeiden.....	326
Kommilitonen sind Mitstreiter, keine Konkurrenten	327
Alte Klausuren sind die halbe Miete.....	328
Das Internet ist nicht nur zum Chatten zu gebrauchen.....	328

TEIL VII

ANHÄNGE 331

Anhang A

Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 4 333

 So berechnen Sie den Druck in der Sprayflasche..... 333

 Das ist die Molmasse des Polymers..... 334

 Logarithmische Auswertung eines Rheogramms 335

Anhang B

Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 8 337

 Berechnung eines Isotonisierungszusatzes 338

 Auswertung einer Adsorptionsisotherme nach Freundlich..... 339

 Die Binodallinie im Dreiecksdiagramm 340

 Den Extraktgehalt nach dem Ausschütteln berechnen..... 341

Anhang C

Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 12 345

 Die Hydrolysekinetik grafisch darstellen und auswerten..... 346

 Mit Arrhenius im Schnellgang die Haltbarkeit vorhersagen 347

Anhang D

Lösungen der Übungsaufgaben aus Kapitel 20 351

 Zustandsänderungen in einer Luftpumpe..... 351

 Und sie laufen und laufen und laufen ... überhaupt nicht 352

 Ideal, aber nicht perfekt: Der Carnot-Prozess 352

 Sie laufen zuverlässig: Otto- und Dieselmotor 353

 Mit feuchter Luft kann man auch rechnen 354

Abbildungsverzeichnis 355

Stichwortverzeichnis 359