

Gerd Wedler und Hans-Joachim Freund

Lehrbuch der Physikalischen Chemie

Sechste, vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage



**WILEY-
VCH**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die physikalisch-chemischen Betrachtungsweisen, Grundbegriffe und Arbeitstechniken	1
1.1	Einführung in die chemische Thermodynamik	2
1.1.1	Zustand	2
1.1.2	System und Umgebung	2
1.1.3	Phase	4
1.1.4	Gleichgewicht	4
1.1.5	Arbeit	5
1.1.6	Temperatur – Nullter Hauptsatz der Thermodynamik	8
1.1.7	Wärmeaustausch und Wärmekapazität	11
1.1.8	Isotherme und adiabatische Prozesse	12
1.1.9	Intensive und extensive Größen	12
1.1.10	Die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases	14
1.1.11	Mischungen idealer Gase, Partialdruck und Molenbruch	22
1.1.12	Der Erste Hauptsatz der Thermodynamik und die kalorische Zustandsgleichung	23
1.1.13	Die partiellen Ableitungen von U und H nach T, die molaren Wärmekapazitäten	28
1.1.14	Die partiellen Ableitungen von U und H nach ξ , die Reaktionsenergie und die Reaktionsenthalpie	34
1.1.15	Der Heß'sche Satz	43
1.1.16	Die Standard-Bildungsenthalpien	44
1.1.17	Die Umsetzung von Wärme und Arbeit bei Volumenänderungen	45
1.1.18	Der Carnot'sche Kreisprozess	57
1.1.19	Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik und die Entropie	60
1.1.20	Die Entropie	69
1.1.21	Kernpunkte des Abschnitts 1.1	76
1.1.22	Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.1	77
1.1.23	Literatur zu Abschnitt 1.1	81
1.2	Einführung in die kinetische Gastheorie	82
1.2.1	Das Modell des idealen Gases	82
1.2.2	Kinetische Energie und Temperatur	84
1.2.3	Die molare Wärmekapazität der Gase	86
1.2.4	Kernpunkte des Abschnitts 1.2	90
1.2.5	Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.2	90
1.2.6	Literatur zu Abschnitt 1.2	91
1.3	Einführung in die statistische Thermodynamik	91
1.3.1	Wahrscheinlichkeitsrechnung und Verteilungsfunktion	92
1.3.2	Die Boltzmann-Statistik	96
1.3.3	Innere Energie und Zustandssumme	100
1.3.4	Spezielle Aussagen des Boltzmann'schen e-Satzes	100
1.3.5	Die Entropie in der statistischen Betrachtungsweise	101

1.3.6	Kernpunkte des Abschnitts 1.3	105
1.3.7	Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.3.	105
1.3.8	Literatur zu Abschnitt 1.3	106
1.4	Einführung in die Quantentheorie	107
1.4.1	Hinweise auf den Aufbau der Atome aus Atomkern und Elektronenhülle	107
1.4.2	Bestimmung der Ladung des Elektrons	109
1.4.3	Bestimmung der Masse des Elektrons	110
1.4.4	Die Wellennatur des Elektrons	111
1.4.5	Die Eigenschaften des Lichtes	114
1.4.6	Der Dualismus Welle – Partikel	123
1.4.7	Nachweis niedriger Energieniveaus in Gasen	130
1.4.8	Die Spektrallinien der Atome	131
1.4.9	Das Bohr'sche Modell des Wasserstoffatoms	135
1.4.10	Die Schrödinger-Gleichung	138
1.4.11	Die Behandlung eines freien Teilchens	146
1.4.12	Die Behandlung eines Teilchens im eindimensionalen Kasten	149
1.4.13	Die Behandlung eines Teilchens im dreidimensionalen Kasten	153
1.4.14	Die Behandlung eines Teilchens im Potentialtopf	157
1.4.15	Die Behandlung der Durchtunnelung eines Potentialwalls	166
1.4.16	Kernpunkte des Abschnitts 1.4	169
1.4.17	Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.4	170
1.4.18	Literatur zu Abschnitt 1.4	172
1.5	Einführung in die chemische Kinetik	172
1.5.1	Einführung neuer Begriffe	173
1.5.2	Reaktionen erster Ordnung	175
1.5.3	Reaktionen zweiter Ordnung	177
1.5.4	Reaktionen dritter Ordnung	179
1.5.5	Reaktionen nullter Ordnung	180
1.5.6	Die Bestimmung der Reaktionsordnung	181
1.5.7	Unvollständig verlaufende Reaktionen	185
1.5.8	Folge- und Parallelreaktionen	187
1.5.9	Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	189
1.5.10	Kernpunkte des Abschnitts 1.5	191
1.5.11	Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.5	191
1.5.12	Literatur zu Abschnitt 1.5	194
1.6	Einführung in die Elektrochemie	195
1.6.1	Grundbegriffe der Elektrochemie	195
1.6.2	Die Wanderung von Ionen im elektrischen Feld und die elektrische Leitfähigkeit	205
1.6.3	Die molare Leitfähigkeit eines Elektrolyten und eines Ions	209
1.6.4	Die Konzentrationsabhängigkeit der Leitfähigkeit und der molaren Leitfähigkeit	211
1.6.5	Elektrische Beweglichkeiten, molare Leitfähigkeiten der Ionen und Überföhrungszahlen	215

- 1.6.6 Die Hydratation der Ionen 220
- 1.6.7 Die Temperatur- und Lösungsmittelabhängigkeit der molaren Ionengrenzleitfähigkeit 223
- 1.6.8 Schwache Elektrolyte 225
- 1.6.9 Starke Elektrolyte, die Debye-Hückel-Onsager-Theorie 227
- 1.6.10 Anwendungen der Leitfähigkeitsmessungen 237
- 1.6.11 Kernpunkte des Abschnitts 1.6 238
- 1.6.12 Rechenbeispiele zu Abschnitt 1.6 238
- 1.6.13 Literatur zu Abschnitt 1.6 240
- 1.7 Beugungserscheinungen und reziprokes Gitter 241
- 1.7.1 Allgemeine Merkmale der Beugungserscheinungen 243
- 1.7.2 Fraunhofer'sche Beugung am Spalt 244
- 1.7.3 Fraunhofer'sche Beugung am Doppelspalt 247
- 1.7.4 Fraunhofer'sche Beugung am ebenen optischen Strichgitter 249
- 1.7.5 Fraunhofer'sche Beugung am Kreuzgitter 252
- 1.7.6 Fraunhofer'sche Beugung am Raumgitter, Röntgenstrahlinterferenzen 254
- 1.7.7 Kernpunkte des Abschnitts 1.7 259
- 1.7.8 Literatur zu Abschnitt 1.7 260

- 2 Chemische Thermodynamik 261**
- 2.1 Das reale Verhalten der Materie 262
- 2.1.1 Die thermische Zustandsgleichung des realen Gases 262
- 2.1.2 Das Zweiphasengebiet 271
- 2.1.3 Der kritische Punkt 274
- 2.1.4 Das Theorem der übereinstimmenden Zustände 277
- 2.1.5 Die thermische Zustandsgleichung kondensierter Stoffe 278
- 2.1.6 Der Joule-Thomson-Effekt 279
- 2.1.7 Kernpunkte des Abschnitts 2.1 282
- 2.1.8 Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.1 283
- 2.2 Mischphasen 284
- 2.2.1 Thermodynamische Größen von Mischphasen, partielle molare Größen 284
- 2.2.2 Die Gibbs-Duhem'sche Gleichung 290
- 2.2.3 Kalorische Effekte bei der Herstellung realer Mischphasen 293
- 2.2.4 Mischungsentropie 297
- 2.2.5 Kernpunkte des Abschnitts 2.2 300
- 2.2.6 Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.2 300
- 2.3 Die Grundgleichungen der Thermodynamik 301
- 2.3.1 Einführung der Freien Energie und der Freien Enthalpie 302
- 2.3.2 Die charakteristischen Funktionen 306
- 2.3.3 Die Gibbs'schen Fundamentalgleichungen 310
- 2.3.4 Das chemische Potential 313
- 2.3.5 Temperatur- und Druckabhängigkeit des chemischen Potentials 315

2.3.6	Abhängigkeit des chemischen Potentials in Mischphasen vom Molenbruch	318
2.3.7	Mischungseffekte in idealen Mischphasen	320
2.3.8	Kernpunkte des Abschnitts 2.3	322
2.3.9	Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.3	323
2.4	Der Dritte Hauptsatz der Thermodynamik	324
2.4.1	Das Theorem von Nernst	325
2.4.2	Ermittlung absoluter Entropien	326
2.4.3	Kernpunkte des Abschnitts 2.4	328
2.4.4	Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.4	328
2.5	Phasengleichgewichte	329
2.5.1	Allgemeine Betrachtungen	330
2.5.2	Die Gibbs'sche Phasenregel	331
2.5.3	Phasengleichgewichte in Einkomponentensystemen	333
2.5.4	Phasengleichgewichte in Zweikomponentensystemen zwischen einer Mischphase und einer reinen Phase	339
2.5.5	Aktivität und Aktivitätskoeffizient	359
2.5.6	Phasengleichgewichte in Zweistoffsystemen zwischen Flüssigkeit und Dampf	376
2.5.7	Schmelzdiagramme binärer Systeme	393
2.5.8	Ternäre Systeme	399
2.5.9	Kernpunkte des Abschnitts 2.5	401
2.5.10	Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.5	402
2.6	Das chemische Gleichgewicht	404
2.6.1	Allgemeine Betrachtungen	405
2.6.2	Standardreaktion, Restreaktion und Gleichgewichtskonstante	406
2.6.3	Die Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten	417
2.6.4	Die Druckabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten	421
2.6.5	Experimentelle Ermittlung der Gleichgewichtskonstanten	422
2.6.6	Berechnung von Gleichgewichtskonstanten	427
2.6.7	Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes	434
2.6.8	Kernpunkte des Abschnitts 2.6	440
2.6.9	Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.6	440
2.6.10	Literatur zu den Abschnitten 1.1 und 2.1 bis 2.6	443
2.7	Grenzflächengleichgewichte	443
2.7.1	Allgemeine Betrachtungen	444
2.7.2	Die Oberflächenspannung	445
2.7.3	Thermodynamik der Grenzflächen in Mehrstoffsystemen	454
2.7.4	Zweidimensionale Oberflächenfilme	457
2.7.5	Adsorption an Festkörperoberflächen	461
2.7.6	Die Chromatographie	467
2.7.7	Die elektrischen Doppelschichten	468
2.7.8	Die Elektrokapillarität	474
2.7.9	Kolloide	477
2.7.10	Kernpunkte des Abschnitts 2.7	480

- 2.7.11 Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.7 481
- 2.7.12 Literatur zu Abschnitt 2.7 482
- 2.8 Elektrochemische Thermodynamik 483
- 2.8.1 Die Thermodynamik und die reversible Zellspannung 484
- 2.8.2 Definition der elektrischen Potentiale und des elektrochemischen Potentials 488
- 2.8.3 Das Zustandekommen der elektrischen Potentialdifferenz einer galvanischen Zelle, Elektrodenpotentiale und deren Messung 494
- 2.8.4 Die verschiedenen Typen von Halbzellen 497
- 2.8.5 Konventionen über die Darstellung einer galvanischen Zelle und das Vorzeichnen elektrischer Potentialdifferenzen 505
- 2.8.6 Elektrodenpotentiale 507
- 2.8.7 Das Flüssigkeits- oder Diffusionspotential 510
- 2.8.8 Verschiedene Typen von galvanischen Zellen 513
- 2.8.9 Anwendungen von Potentialmessungen 520
- 2.8.10 Kernpunkte des Abschnitts 2.8 528
- 2.8.11 Rechenbeispiele zu Abschnitt 2.8 529
- 2.8.12 Literatur zu Abschnitt 2.8 530

- 3 Aufbau der Materie 531**
- 3.1 Quantenmechanische Behandlung einfacher Systeme 532
- 3.1.1 Behandlung des starren Rotators 532
- 3.1.2 Behandlung des harmonischen Oszillators 541
- 3.1.3 Behandlung des Wasserstoffatoms 549
- 3.1.4 Drehimpuls, Bahndrehimpuls, Spin, Gesamtdrehimpuls und Quantenzahlen 569
- 3.1.5 Kernpunkte des Abschnitts 3.1 582
- 3.1.6 Rechenbeispiele zu Abschnitt 3.1 584
- 3.1.7 Literatur zu den Abschnitten 1.4 und 3.1 586
- 3.2 Wechselwirkung zwischen Strahlung und Atomen – Atomaufbau und Periodensystem 586
- 3.2.1 Die Spektren der im engeren Sinne wasserstoffähnlichen Teilchen 588
- 3.2.2 Die optischen Spektren der Alkalimetalle 590
- 3.2.3 Die optischen Spektren der Mehrelektronenatome 594
- 3.2.4 Die Röntgenspektren 596
- 3.2.5 Das Auger-Spektrum 602
- 3.2.6 Die quantenmechanische Behandlung von Mehrelektronenatomen 604
- 3.2.7 Pauli-Prinzip, Hund'sche Regeln und Aufbauprinzip 606
- 3.2.8 Kernpunkte des Abschnitts 3.2 608
- 3.2.9 Rechenbeispiele zu Abschnitt 3.2 609
- 3.2.10 Literatur zu Abschnitt 3.2 609
- 3.3 Materie im elektrischen und im magnetischen Feld 610
- 3.3.1 Das Verhalten der Materie im elektrischen Feld.
Dielektrizitätskonstante und elektrische Polarisierung 611
- 3.3.2 Das Verhalten der Materie im magnetischen Feld 623

3.3.3	Kernpunkte des Abschnitts 3.3	632
3.3.4	Rechenbeispiele zu Abschnitt 3.3	633
3.3.5	Literatur zu Abschnitt 3.3	633
3.4	Wechselwirkung zwischen Strahlung und Molekülen	634
3.4.1	Das Lambert-Beer'sche Gesetz	635
3.4.2	Quantenmechanische Behandlung der Absorption	636
3.4.3	Das Rotationsspektrum	646
3.4.4	Das Schwingungsspektrum	649
3.4.5	Das Rotations-Schwingungsspektrum	654
3.4.6	Das Raman-Spektrum	659
3.4.7	Die Elektronen-Bandenspektren	664
3.4.8	Emission aus elektronisch angeregten Zuständen	669
3.4.9	Photoelektronen-Spektroskopie	675
3.4.10	Die magnetische Resonanz	678
3.4.11	Die Mößbauer-Spektroskopie	693
3.4.12	Kernpunkte des Abschnitts 3.4	695
3.4.13	Rechenbeispiele zu Abschnitt 3.4	696
3.4.14	Literatur zu Abschnitt 3.4	698
3.5	Die chemische Bindung	699
3.5.1	Die ionische Bindung	700
3.5.2	Die kovalente Bindung	705
3.5.3	Die metallische Bindung	722
3.5.4	Kernpunkte des Abschnitts 3.5.3	736
3.5.4	Die van der Waals'sche Bindung	736
3.5.5	Mehrelektronensysteme	737
3.5.6	Kernpunkte des Abschnitts 3.5	747
3.5.7	Rechenbeispiele zu Abschnitt 3.5	748
3.5.8	Literatur zu Abschnitt 3.5	749
3.6	Molekülsymmetrie und Struktur	750
3.6.1	Die Symmetrie von Molekülen	750
3.6.2	Dipolmoment und optische Aktivität	756
3.6.3	Symmetrie der Molekülorbitale	758
3.6.4	Symmetrie und Spektroskopie	766
3.6.5	Struktur von Festkörpern	769
3.6.6	Struktur von Festkörperoberflächen und nanoskopischen Systemen	772
3.6.7	Struktur von Flüssigkeiten	782
3.6.8	Struktur von flüssigen Kristallen	783
3.6.9	Kernpunkte des Abschnitts 3.6	784
3.6.10	Aufgaben zu Abschnitt 3.6	785
3.6.11	Literatur zu Abschnitt 3.6	785
4	Die statistische Theorie der Materie	787
4.1	Die klassische Statistik und die Quantenstatistiken	788
4.1.1	Die verschiedenen Statistiken	788

- 4.1.2 Der Impulsraum, der Phasenraum und die Zustandsdichte 789
- 4.1.3 Allgemeines zur Aufstellung der Verteilungsfunktionen 795
- 4.1.4 Die Bose-Einstein-Statistik 795
- 4.1.5 Die Fermi-Dirac-Statistik 802
- 4.1.6 Die Boltzmann-Statistik 804
- 4.1.7 Vergleich der Statistiken 807
- 4.1.8 Kernpunkte des Abschnitts 4.1 809
- 4.1.9 Rechenbeispiele zu Abschnitt 4.1 809
- 4.2 Statistische Thermodynamik 810
- 4.2.1 Die Zustandssumme und die thermodynamischen Funktionen 811
- 4.2.2 Molekülzustandssumme und Systemzustandssumme 817
- 4.2.3 Berechnung der Zustandssumme 819
- 4.2.4 Berechnung der thermodynamischen Daten eines idealen einatomigen Gases (ohne Elektronenanregung) 827
- 4.2.5 Thermodynamische Daten des idealen Kristalls 830
- 4.2.6 Das Elektronengas 840
- 4.2.7 Das Photonengas 850
- 4.2.8 Berechnung von Gleichgewichtskonstanten von Gasreaktionen 854
- 4.2.9 Kernpunkte des Abschnitts 4.2 858
- 4.2.10 Rechenbeispiele zu Abschnitt 4.2 859
- 4.3 Die kinetische Gastheorie 861
- 4.3.1 Maxwell'sches Geschwindigkeits-Verteilungsgesetz 862
- 4.3.2 Druck eines Gases auf die Gefäßwandungen 868
- 4.3.3 Zahl der Stöße auf die Wand 870
- 4.3.4 Der Gleichverteilungssatz der Energie 871
- 4.3.5 Kernpunkte des Abschnitts 4.3 876
- 4.3.6 Rechenbeispiele zu Abschnitt 4.3 876
- 4.3.7 Literatur zu Kapitel 4 877
- 5 Transporterscheinungen 879**
- 5.1 Die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle 880
- 5.2 Die Stoßzahlen der Gasmoleküle 888
- 5.3 Transporterscheinungen in Gasen 890
- 5.3.1 Die allgemeine Transportgleichung für Gase 890
- 5.3.2 Die Diffusion in Gasen 892
- 5.3.3 Die innere Reibung in Gasen 897
- 5.3.4 Die Wärmeleitfähigkeit in Gasen 900
- 5.3.5 Vergleich der Koeffizienten der Transportgrößen bei Gasen 901
- 5.4 Laminare Strömung in engen Röhren 903
- 5.5 Zusammenfassungen zu den Abschnitten 5.1 bis 5.4 906
- 5.5.1 Kernpunkte der Abschnitte 5.1 bis 5.4 906
- 5.5.2 Rechenbeispiele zu den Abschnitten 5.1 bis 5.4 906
- 5.5.3 Literatur zu den Abschnitten 5.1 bis 5.4 907
- 5.6 Die elektrische Leitfähigkeit in Festkörpern 908
- 5.6.1 Das Ohm'sche Gesetz 908

5.6.2	Die elektrische und thermische Leitfähigkeit in Metallen	909
5.6.3	Die elektrische Leitfähigkeit von elektronischen Halbleitern	914
5.6.4	Die elektrische Leitfähigkeit von festen Ionenleitern	918
5.6.5	Kernpunkte des Abschnitts 5.6	919
5.6.6	Rechenbeispiele zu Abschnitt 5.6	920
5.6.7	Literatur zu Abschnitt 5.6	920
5.7	Die elektrokinetischen Erscheinungen	921
5.7.1	Die Elektroosmose	921
5.7.2	Das Strömungspotential	925
5.7.3	Die Elektrophorese	926
5.7.4	Kernpunkte des Abschnitts 5.7	926
5.7.5	Literatur zu Abschnitt 5.7	927
6	Kinetik	929
6.1	Die experimentellen Methoden und die Auswertung kinetischer Messungen	930
6.1.1	Übersicht	931
6.1.2	Analysentechnik	932
6.1.3	Langsame Reaktionen	936
6.1.4	Schnelle Reaktionen	938
6.1.5	Molekularstrahltechnik	941
6.1.6	Kernpunkte des Abschnitts 6.1	942
6.1.7	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.1	943
6.2	Formale Kinetik komplizierterer Reaktionen	944
6.2.1	Mikroskopische Reversibilität	944
6.2.2	Chemische Relaxation	946
6.2.3	Folgereaktionen	947
6.2.4	Die Quasistationarität	951
6.2.5	Kernpunkte des Abschnitts 6.2	952
6.3	Reaktionsmechanismen	952
6.3.1	Der Lindemann-Mechanismus	953
6.3.2	Reaktionen mit vorgelagertem Gleichgewicht	956
6.3.3	Kettenreaktionen ohne Verzweigung	958
6.3.4	Kettenreaktionen mit Verzweigung	966
6.3.5	Explosionen	966
6.3.6	Kernpunkte des Abschnitts 6.3	970
6.3.7	Rechenbeispiele zu den Abschnitten 6.2 und 6.3	971
6.4	Die Theorie der Kinetik	972
6.4.1	Die einfache Stoßtheorie	973
6.4.2	Die verfeinerte Stoßtheorie	977
6.4.3	Die Theorie des aktivierten Komplexes	988
6.4.4	Kernpunkte des Abschnitts 6.4	996
6.4.5	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.4	996
6.5	Die Kinetik von Reaktionen in Lösung	997
6.5.1	Bimolekulare Reaktionen in Lösung	998

6.5.2	Anwendung der Theorie des aktivierten Komplexes auf Reaktionen in Lösung	1004
6.5.3	Kernpunkte des Abschnitt 6.5	1007
6.5.4	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.5	1008
6.6	Die Kinetik heterogener Reaktionen	1008
6.6.1	Kinetik der Phasenbildung	1009
6.6.2	Auflösungsvorgänge	1012
6.6.3	Verzunderungs- und Anlaufvorgänge	1013
6.6.4	Kernpunkte des Abschnitts 6.6	1014
6.6.5	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.6	1014
6.7	Die Katalyse	1015
6.7.1	Allgemeines zu katalytischen Reaktionen	1016
6.7.2	Homogene Katalyse	1018
6.7.3	Heterogene Katalyse	1029
6.7.4	Kernpunkte des Abschnitt 6.7	1042
6.7.5	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.7	1042
6.7.6	Literatur zu den Abschnitten 6.1 bis 6.7	1043
6.8	Die Kinetik von Elektrodenprozessen	1044
6.8.1	Allgemeines zur Kinetik von Elektrodenreaktionen	1045
6.8.2	Die Durchtrittsüberspannung	1047
6.8.3	Die Diffusionsüberspannung	1054
6.8.4	Weitere Arten der Überspannung	1059
6.8.5	Die Zersetzungsspannung	1059
6.8.6	Kernpunkte des Abschnitts 6.8	1060
6.8.7	Rechenbeispiele zu Abschnitt 6.8	1060
6.8.8	Literatur zu den Abschnitten 1.5 und 6.8	1061
7	Mathematischer Anhang	1063
A	Stirling'sche Formel	1063
B	Determination und Matrizen	1064
C	Vektoren	1069
D	Operatoren, Darstellung des Laplace-Operators in Polarkoordinaten	1071
E	Unbestimmte Ausdrücke. Regel von de l'Hospital	1075
F	Reihenentwicklung	1075
G	Bestimmung von Maxima und Minima	1077
H	Partialbruchzerlegung	1080
I	Lösung des Integrals $\int \sin^2 x dx$	1081
J	Lösung des Integrals $\int \sin^3 x dx$	1081

K	Lösung der Integrale $\int_0^{\infty} x^n e^{-x^2} dx$	1082
L	Lösung des Integrals $\int_0^{\infty} \varepsilon^{\frac{1}{2}} e^{-\varepsilon/kT} d\varepsilon$	1085
M	Lösung des Integrals $\int_0^{\infty} x^3 (e^x - 1)^{-1} dx$	1085
N	Lösungen der Differentialgleichung $\frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + k^2 \psi(x) = 0$	1086
O	Lösung der Differentialgleichung $\frac{d^2 \varphi(x)}{dx^2} - k^2 \varphi(x) = 0$	1088
P	Lösung der Poisson-Boltzmann-Gleichung	1089
Q	Lösung der assoziierten Legendre'schen Differentialgleichung	1090
R	Lösung der Schrödinger-Gleichung für den harmonischen Oszillator	1098
S	Lösung der radialen Wellenfunktion des Wasserstoffatoms	1105
T	Orthogonalitätsbeziehung der Wellenfunktionen	1110
U	Weiterführende Literatur zum Mathematischen Anhang	1111

Sachregister 1113