
Günter Jakob Lauth · Jürgen Kowalczyk

Einführung in die Physik und Chemie der Grenzflächen und Kolloide



Springer Spektrum

Inhaltsverzeichnis

Teil I Einführung und Grundlagen

1	Einführung	3
2	Betrachtungen zur Thermodynamik	13
2.1	Innere Energie und Oberflächenenergie	13
2.2	Die Legendre-Transformation	14
3	Kräfte zwischen Molekülen	19
3.1	Allgemeine Betrachtung der Wechselwirkung	19
3.2	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	22
3.2.1	Induzierte Dipole	26
3.2.2	Das Lennard-Jones-Potenzial	28
3.2.3	$1/r^6$ -Abhängigkeit bei Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	31
3.3	Wechselwirkung vieler Teilchen	37
3.3.1	Die Hamaker-Theorie	37
3.3.2	Näherungsweise Berechnung von Hamaker-Konstanten	46
3.3.3	Die Derjaguin-Näherung	48
3.3.4	Die Lifshitz-Theorie	50
4	Grenzflächenerscheinungen an flüssigen Phasengrenzen	53
4.1	Einführung	53
4.2	Grenzflächenenergie und zwischenmolekulare Kräfte	55
4.3	Thermodynamik der Phasengrenzen	59
4.3.1	Grenzflächenadsorption	59
4.3.2	Adsorption an flüssigen Phasengrenzen	63
4.3.3	Temperatur- und Druckabhängigkeit der Grenzflächenspannung	64
4.3.4	Gekrümmte Oberflächen	67
4.4	Nukleationstheorie	76

4.5	Die Young-Gleichung	83
4.6	Kohäsionsarbeit – Zerteilung flüssiger und fester Körper	84
5	Experimentelle Methoden: Messung der Grenzflächenspannung . .	91
5.1	Blasendruckmethode	91
5.2	Steighöhenmethode	92
5.3	Drahtbügelmethode	94
5.4	Wilhelmy-Platten-Methode	95
5.5	Tropfengewichtsmethode	96
5.6	Oberflächen-Laserlichtstreuung	97
5.7	Tropfenkonturanalyse	97
5.8	Grenzflächenspannung an festen Phasengrenzen	101
5.8.1	Methode nach Zisman	102
5.8.2	Methode nach Owens, Wendt, Rabel und Kaelble (OWRK-Methode)	104
5.8.3	Methode nach Fowkes	106
5.8.4	Methode nach Wu	107
5.8.5	Methode nach Oss und Good	108
5.9	Grenzflächenerscheinungen an festen Phasengrenzen	109
5.10	Adsorptionsisotherme nach Langmuir	115
5.11	BET-Isotherme	119
5.12	Adsorptionsisotherme nach Freundlich	124
5.13	Weitere Adsorptionsisothermen	125
5.14	Adsorption an porösen Stoffen	128
5.15	Adsorption von Polymeren aus der flüssigen Phase	133
5.16	Chemische Fixierung	134
5.17	Heterogene Katalyse	136
6	Diffusion	143
6.1	Allgemeine Betrachtungen und Fick'sche Gesetze	143
6.2	Die Einstein-Relation	150
6.3	Die Nernst-Einstein-Relation	153
6.4	Stokes-Einstein-Relation	156
6.5	Einstein-Smoluchowski-Relation	159
6.6	Transportprozesse in Festkörpern	162
6.7	Sedimentationsprozesse	168
6.8	Stochastische Beschreibung von Diffusionsprozessen	175
6.8.1	Die Langevin-Gleichung	176
6.9	Die Master-Gleichung	185
7	Messung der Diffusionskoeffizienten	189
7.1	Allgemeine Verfahren	189
7.1.1	Permeationsmessungen	189
7.1.2	Messung zeitabhängiger Konzentrationsprofile	189
7.1.3	Mechanische Relaxationsexperimente	190

7.2	Messung von Diffusionskonstanten mit gepulster Kernspinresonanz	192
7.2.1	Berechnung der Gleichgewichtsmagnetisierung beim Zweiniveausystem	193
7.2.2	Larmor-Präzession und Bloch'sche Gleichungen	195
7.2.3	Puls-NMR	197
7.2.4	Messaufbau	203
7.2.5	Spin-Echo-Verfahren	205
7.2.6	Relaxationsverhalten flüssiger Proben	209
7.2.7	Experimentelle Bestimmung der Spin-Gitter-Relaxationszeit T_1	213
7.3	Photonenkorrelationsspektroskopie	215
7.3.1	Allgemeine Betrachtungen zur Lichtstreuung	215
7.3.2	Photonenkreuzkorrelationsspektroskopie	234
8	Elektrische Eigenschaften von Kolloiden und Oberflächen	237
8.1	Die Poisson-Gleichung	237
8.2	Elektrische Potenziale an Grenzflächen	244
8.2.1	Das Helmholtz-Modell	248
8.2.2	Das Gouy-Chapman-Modell	251
8.2.3	Das Stern-Modell	256
8.2.4	Das Grahame-Modell	258
8.2.5	Das Bockris-Müller-Devanathan-Modell (BMD-Modell)	258
8.2.6	Chemische Modelle	260
8.2.7	Elektrokinetische Phänomene: Das Zeta-Potenzial	260
8.3	Das Zeta-Potenzial: Eine eingehendere Betrachtung	261
8.3.1	Theorie	262
8.3.2	Messung des Zeta-Potenzials	275
9	Stabilität von Suspensionen	285
9.1	Allgemeine Betrachtungen	285
9.2	Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek-Theorie (DLVO-Theorie)	288
9.2.1	Gouy-Chapman-Ansatz und Grahame-Gleichung	291
9.2.2	Symmetrische Elektrolyte	293
9.2.3	Debye-Hückel-Näherung	294
9.3	Allgemeine Betrachtungen zur DLVO-Theorie	295
9.3.1	Lyophile Sole	301
9.4	Die Perkolations-theorie	304
9.4.1	Der Sol-Gel-Phasenübergang	320
9.4.2	Isolator-Leiter-Phasenübergang	324
10	Rheologische Eigenschaften kolloider Systeme	331
10.1	Einleitung und Begriffserläuterungen	331
10.2	Newton'sche Flüssigkeiten	332
10.2.1	Volumendilatation	334

10.2.2	Wirbelströmungen	335
10.2.3	Die Kontinuitätsgleichung	337
10.2.4	Die Euler-Gleichung	338
10.3	Nicht-Newton'sche Fluide	349
10.4	Nicht-Newton'sches Verhalten bei kolloiden Lösungen	354
10.4.1	Weissenberg-Effekt	354
10.4.2	Quelleffekt	356
10.4.3	Strangschwellen	356
10.5	Messverfahren zur Bestimmung der Viskosität	357
10.5.1	Kugelfallviskosimeter	357
10.5.2	Kapillarviskosimeter	359
10.5.3	Rotationsrheometer	362
10.5.4	Weitere Viskosimeterformen	364
10.5.5	Oszillationsmessungen	366
10.6	Mikroskopische Modelle zur Viskosität	369
10.7	Anwendungen von Viskositätsmessungen in der Polymerwissenschaft	372
10.7.1	Relative und spezifische Viskosität	373
10.7.2	Der Staudinger-Index	375

Teil II Anwendungsbeispiele

11	Grenzflächenaktive Substanzen	381
11.1	Chemischer Aufbau, Eigenschaften und Anwendungen von Tensiden	381
11.1.1	Einteilung der Tenside	383
11.2	Waschmittel und der Waschprozess	386
11.2.1	Entwicklung und Zusammensetzung der Waschmittel	386
11.2.2	Der Waschprozess	390
11.3	Anwendung von Tensiden bei der Flotation	394
11.3.1	Verfahrensbeschreibung	394
11.3.2	Flotationshilfsstoffe	396
12	Mizellkolloide	399
13	Flüssigkristalle	409
14	Emulsionen	421
14.1	Technische Anwendungen von Emulsionen	423
15	Dispersionskolloide	427
16	Gele: Hydrogele und Aerogele	429
16.1	Der Sol-Gel-Prozess	431
16.2	Silikat-Aerogel nach Kistler	434

16.3	Weitere Verfahren	435
16.4	Beispiele für die Verwendung von Hydrogelen und Aerogelen . . .	435
17	Anhang	437
17.1	Die Debye-Hückel-Theorie	437
17.1.1	Berechnung des Potentials um solvatisierte Ionen	437
17.1.2	Theorie der Elektrolyte	441
17.2	Die Clausius-Mossotti-Beziehung	446
17.3	Die Debye-Gleichung	454
17.4	Die Lorentz-Lorenz-Gleichung	456
17.5	Ein wenig Funktionentheorie und die Kramers-Kronig-Relationen	458
17.5.1	Die Ableitung komplexer Funktionen	458
17.5.2	Singuläre Stellen	460
17.5.3	Integration im Komplexen	461
17.5.4	Residuum	462
17.5.5	Cauchy'sche Integralformel	463
17.5.6	Cauchy'scher Hauptwert	464
17.5.7	Kramers-Kronig-Relation	466
17.5.8	Kramers-Kronig-Relation – Physikalisch basierte Herleitung	468
	Bildnachweise	475
	Literatur	481
	Sachverzeichnis	515