



В. А. Волков

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

В. А. ВОЛКОВ

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Издание второе, исправленное

ДОПУЩЕНО

*УМО по образованию в области технологии,
конструирования изделий легкой промышленности
в качестве учебника для бакалавров и магистров
по направлениям*

*«Технология и проектирование текстильных изделий»
и «Технология изделий легкой промышленности»*



• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •
• МОСКВА • КРАСНОДАР •
2015

ББК 24.6я73

В 67

Волков В. А.

В 67 Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник. — 2-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 672 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1819-0

Изложены физико-химические основы поверхностных явлений и дисперсных систем. Приведены примеры проявления поверхностных явлений и применения дисперсных систем в производстве текстильных материалов и их облагораживания.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлениям «Технология и проектирование текстильных изделий», «Технология изделий легкой промышленности», «Химия», «Химическая технология».

ББК 24.6я73

Рецензенты:

В. И. НЕДЕЛЬКИН — доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической химии Московского государственного университета технологий и управления им. К. Г. Разумовского;
Н. П. НОВОСЕЛОВ — доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической и прикладной химии Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна.

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2015

© В. А. Волков, 2015

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко 2-му изданию	5
Предисловие к 1-му изданию	6
Введение	8
Роль коллоидной химии	8
Краткая история развития коллоидной химии как науки	13
Классификации дисперсных систем	20
<i>Часть I</i>	
Поверхностные явления	
<i>Глава 1</i>	
Поверхностное натяжение и адсорбция	33
1.1. Поверхностное натяжение	33
1.2. Зависимость поверхностного натяжения жидкостей от температуры	38
1.3. Влияние формы поверхности раздела фаз на равновесие в однокомпонентных системах. Капиллярность	42
1.3.1. Уравнение Лапласа	43
1.3.2. Сферические мениски	45
1.3.3. Цилиндрические мениски	48
1.3.4. Аксиально-симметричные мениски	50
1.4. Методы определения поверхностного натяжения	51
1.4.1. Метод измерения капиллярного поднятия жидкости	52
1.4.2. Метод измерения массы предмета в поверхностном слое жидкости	54
1.4.3. Методы, основанные на определении формы неподвижных капель и пузырьков	56
1.4.4. Метод счета или взвешивания капель (сталагмометрический)	60
1.4.5. Методы, основанные на измерении максимального усилия отрыва	63
1.4.6. Метод измерения максимального давления в газовом пузырьке	67
1.4.7. Динамические методы определения поверхностного натяжения	69
1.5. Поверхностное натяжение растворов и адсорбция	70

1.6. Строение и свойства адсорбционных слоев на границе раздела «водный раствор — воздух»	79
1.7. Определение адсорбции ПАВ на поверхности водных растворов	83
<i>Глава 2</i>	
Поверхность конденсированных фаз.	
Межфазовое натяжение и адгезия	86
2.1. Межмолекулярные взаимодействия в конденсированных фазах. Природа адгезионных сил	87
2.1.1. Дисперсионное взаимодействие	87
2.1.2. Электростатическое взаимодействие	91
2.2. Межфазовое натяжение. Определение понятий «адгезия» и «когезия»	92
2.3. Трехфазовое равновесие	99
2.3.1. Смачивание и растекание на границе двух жидкостей с газом	99
2.3.2. Смачивание и растекание на границе «твердое тело — жидкость — газ»	101
2.3.3. Смачивание как капиллярное явление. Капиллярное впитывание	109
2.3.4. Гистерезис смачивания	112
2.3.5. Адгезия частиц к твердой поверхности	115
2.3.6. Теоретические основы поверхностной модификации текстильных материалов	124
Дополнительная литература	126
<i>Глава 3</i>	
Межфазовая поверхность «твердое тело — газ»	
3.1. Удельная и удельная активная поверхность волокон	127
3.2. Адсорбция газов и паров на твердой поверхности	130
3.2.1. Модель монослоя	131
3.2.2. Модели полислоя	136
3.2.3. Пористость	145
Дополнительная литература	153
<i>Глава 4</i>	
Электроповерхностные свойства	
4.1. Образование и строение двойного электрического слоя на твердой поверхности в водной среде	154
4.1.1. Образование двойного ионного слоя	155
4.1.2. Основы теории строения двойного ионного слоя	157
4.2. Электрокинетические явления	167
4.2.1. Определение электрокинетического потенциала	168
4.2.2. Элементарная теория электрокинетических явлений	173
4.2.3. Определение константы диссоциации поверхностных ионных групп методом измерения электрокинетического потенциала	180
4.2.4. Влияние электролитов на электрокинетический потенциал	181
Дополнительная литература	185

*Глава 5***Адсорбция из растворов на поверхности**

твердых адсорбентов	186
5.1. Общие закономерности адсорбции из растворов на твердой поверхности	187
5.2. Адсорбция ионов на заряженной поверхности, несущей двойной ионный слой	194
5.3. Энергия Гиббса и механизм адсорбции из растворов на твердой поверхности	198
5.3.1. Молекулярная адсорбция	198
5.3.2. Адсорбция ионов из водных растворов на заряженной поверхности	204
5.3.3. Ионообменная адсорбция	215
5.3.4. Термодинамика ионного обмена	223
5.3.5. Хроматография	225
Дополнительная литература	228

*Часть II***Дисперсные системы***Глава 1*

Теория образования коллоидных систем	230
1.1. Общие закономерности фазового равновесия	230
1.2. Образование коллоидных систем при конденсации пара	232
1.3. Образование коллоидных систем при конденсации (кристаллизации) из растворов или расплавов	236
1.4. Образование коллоидных систем при диспергировании	241
1.5. Кинетика образования новой фазы при конденсации	242
1.6. Способы диспергирования	246
1.7. Примеры получения коллоидных систем методом конденсации	249
1.8. Очистка золь от примесей	255
1.8.1. Метод периодического диализа	256
1.8.2. Метод непрерывного электродиализа	258
Дополнительная литература	258

*Глава 2***Свойства дисперсных систем и определение**

размера частиц	259
2.1. Прямые методы определения размера частиц	261
2.1.1. Ситовый анализ	261
2.1.2. Микроскопия	261
2.2. Седиментационный анализ	264
2.2.1. Основы теории седиментации	264
2.2.2. Методы седиментационного анализа	268
2.2.3. Кинетические кривые накопления осадка и их обработка	272
2.2.4. Седиментация в центрифуге	281
2.2.5. Ультрацентрифугальный метод анализа	283

2.3. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	286
2.3.1. Основы теории диффузии	286
2.3.2. Броуновское движение	289
2.3.3. Осмотическое давление	293
2.4. Оптические свойства коллоидных систем	295
2.4.1. Рассеяние света в золях	295
2.4.2. Светорассеяние в растворах полимеров	298
2.4.3. Ультрамикроскоп	299
2.4.4. Оптические свойства дисперсных систем и форма частиц	300
2.4.5. Абсорбция света	301
2.4.6. Определение размера частиц в коллоидных системах оптическим методом	303
Дополнительная литература	306
 <i>Глава 3</i>	
Устойчивость и коагуляция дисперсных систем	307
3.1. Общие закономерности	308
3.2. Кинетическая устойчивость	309
3.3. Агрегативная устойчивость	310
3.3.1. Краткая историческая справка о создании теории агрегативной устойчивости дисперсных систем	311
3.3.2. Теория ДЛФО агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем	314
3.3.3. Стерическая стабилизация дисперсных систем полимерами	329
3.3.4. Стабилизация неионогенными поверхностно-активными веществами	347
3.4. Коагуляция	355
3.4.1. Электролитная необратимая коагуляция	357
3.5. Кинетика коагуляции	369
3.5.1. Теория быстрой коагуляции	370
3.5.2. Теория медленной коагуляции	377
Дополнительная литература	379
 <i>Глава 4</i>	
Основы физико-химической механики дисперсных систем	380
4.1. Вязкость жидкостей и вискозиметрия как метод характеристики коллоидных систем и растворов полимеров	381
4.1.1. Вязкость жидкостей	381
4.1.2. Вязкость разбавленных дисперсных систем	388
4.1.3. Вязкость растворов полимеров	392
4.1.4. Вискозиметрическое определение гидратации полимерных частиц в латексах	396
4.2. Структурообразование в дисперсных системах и в растворах полимеров	398
4.3. Коагуляционное структурообразование в дисперсных системах	406

4.4. Реологические кривые жидко- и твердообразных структурированных дисперсных систем	411
4.5. Регулирование структурообразования в дисперсных системах	415
4.5.1. Общие принципы управления структурообразованием в дисперсных системах	416
4.5.2. Снижение прочности структуры с помощью ПАВ	418
4.5.3. Влияние адсорбции полимеров частицами дисперсной фазы и флокуляции на структурообразование	421
4.5.4. Механическое воздействие как фактор регулирования структурообразования в дисперсных системах	424
4.5.5. Воздействие электрического и магнитного полей на структурообразование	425
4.5.6. Влияние природы и состава смеси полимеров на структурообразование в растворах	426
4.6. Методы определения вязкости	429
Дополнительная литература	433

Глава 5

Растворы высокомолекулярных соединений	434
5.1. Классификация полимеров	437
5.1.1. Классификация по строению основной цепи	438
5.1.2. Синтетические линейные полимеры	439
5.1.3. Синтетические полиэлектролиты	440
5.1.4. Простые природные полимеры	441
5.1.5. Полисахариды	442
5.1.6. Неорганические полимеры	444
5.1.7. Водорастворимые полимеры	445
5.1.8. Водорастворимые эфиры целлюлозы	445
5.2. Свойства растворов высокомолекулярных веществ и методы определения их молекулярной массы	449
5.2.1. Молекулярная масса полимеров и молекулярно-массовое распределение	449
5.2.2. Методы определения молекулярной массы полимеров по свойствам растворов	453
5.3. Методы изучения фракционного состава и молекулярно-массового распределения полимеров	465
5.3.1. Способы фракционирования	465
5.3.2. Фракционирование дробным (или последовательным) осаждением	466
5.3.3. Фракционирование дробным (или последовательным) растворением	467
5.3.4. Распределительное фракционирование	468
5.3.5. Адсорбционное (хроматографическое) фракционирование	468
5.3.6. Аналитическое фракционирование	469
5.3.7. Ультрацентрифугирование	469

5.3.8. Турбидиметрическое титрование	470
5.3.9. Теоретические основы фракционирования	470
Дополнительная литература	474

Глава 6

Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ (лиофильные коллоидные системы)	475
6.1. Общие представления	475
6.2. Влияние температуры на растворимость поверхностно-активных веществ	479
6.3. Определение критической концентрации мицеллообразования	484
6.4. Механизм мицеллообразования в растворах ПАВ	490
6.5. Влияние различных факторов на мицеллообразование	493
6.6. Основы термодинамики мицеллообразования в растворах ПАВ	500
6.7. Влияние строения молекул ПАВ на ККМ	503
6.7.1. Влияние длины углеводородного радикала на ККМ	503
6.7.2. Влияние степени окисэтилирования	505
6.8. Методы определения мицеллярных масс	509
6.8.1. Размер мицелл в растворах поверхностно-активных веществ. Числа агрегации	509
6.8.2. Метод светорассеяния	510
6.8.3. Комбинированный метод измерения диффузии и вязкости	514
6.8.4. Седиментационный метод	516
6.8.5. Метод солюбилизации нерастворимого в воде красителя	519
6.8.6. Несоответствие в определении среднемассовой и среднечисленной мицеллярной массы поверхностно-активных веществ	522
6.9. Солюбилизация	527
6.10. Физико-химические основы применения коллоидных растворов ПАВ	531
6.10.1. Моющее действие — очистка различных поверхностей от загрязнений	531
6.10.2. Использование ПАВ в полимерных композициях	535
6.10.3. Разрушение нефтяных эмульсий	536
Дополнительная литература	537

Глава 7

Грубодисперсные системы	538
7.1. Суспензии	539
7.1.1. Свойства суспензий	539
7.1.2. Вязкость суспензий	540
7.2. Эмульсии	540
7.2.1. Классификация эмульсий	541
7.2.2. Стабилизация эмульсий	543

7.2.3. Методы получения эмульсий	546
7.2.4. Выбор эмульгатора и характеристика эмульгирующих свойств ПАВ	549
7.2.5. Определение типа эмульсии	552
7.2.6. Разрушение эмульсий	553
7.2.7. Свойства эмульсий	555
7.2.8. Определение размера капель и характеристика их распределения по размерам. Микроскопия	557
7.3. Пены	562
7.3.1. Общие понятия и применение пен	562
7.3.2. Определение пенообразующей способности растворов ПАВ	566
7.3.3. Строение пен	571
7.3.4. Стабилизация пен	572
7.3.5. Разрушение пен	581
7.4. Аэрозоли	592
7.4.1. Виды диспергационных и конденсационных аэрозолей	592
7.4.2. Молекулярно-кинетические свойства и устойчивость аэрозолей	595
7.4.3. Электрические свойства аэрозолей	595
7.4.4. Агрегативная устойчивость и коагуляция	596
7.4.5. Получение аэрозолей	596
7.4.6. Разрушение аэрозолей	597
Глава 8	
Коллоидная химия и проблемы экологии	599
8.1. Коллоидная химия и экологические проблемы гидросферы	599
8.2. Коллоидная химия и экологические проблемы литосферы	605
8.2.1. Регулирование коллоидной структуры почвы	606
8.2.2. Регулирование напряженности структуры породы и угля	612
8.3. Коллоидная химия и проблемы защиты воздушного бассейна	616
8.4. Коллоидная химия и экологические проблемы биосферы	617
Дополнительная литература	622
Словарь коллоидно-химических терминов и определений	623
Предметный указатель	645