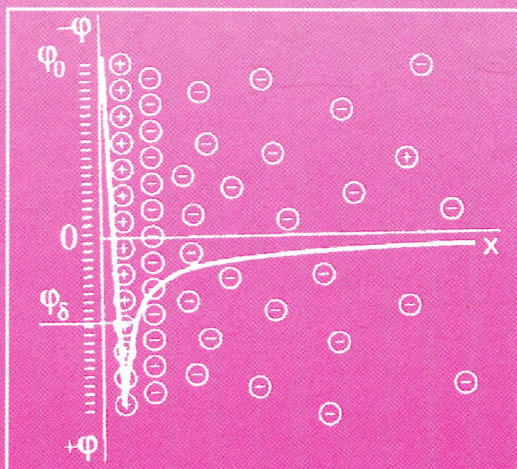


Ю.Г. ФРОЛОВ

# КУРС КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Поверхностные явления  
и дисперсные системы



АльянС

Ю. Г. Фролов

# **Курс коллоидной химии**

Поверхностные явления  
и дисперсные системы

Стереотипное издание

Москва  
Альянс  
2014

УДК 541.18(075.8)

ББК 541

Ф 91

Ю. Г. Фролов  
Ф 91 **КУРС КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 2004 г. – М.: Альянс, 2014. – 464 с.**

В учебнике изложены физико-химические основы науки о поверхностных явлениях и дисперсных системах. Главное внимание уделено учению о поверхностных явлениях как основе коллоидной химии. Дисперсные системы рассматриваются в соответствии с классификациями по агрегатному состоянию и степени дисперсности. В этом издании расширены разделы, посвященные практическим приложениям коллоидной химии: флотации, мембранным методам разделения и очистки веществ, получению материалов с заданными структурно-механическими свойствами и др.

Учебник предназначен для студентов химико-технологических специальностей вузов. Он также может быть полезен для научных и инженерно-технических работников различных отраслей промышленности.

*Учебник для вузов*

**Фролов Юрий Геннадьевич**

**КУРС КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ**

**Поверхностные явления и дисперсные системы**

Подписано в печать 26.06.2014. Формат 60х90/16. Гарнитура Литературная.

Печать офсетная. Тираж 200 экз. Заказ № К-1178.

ООО «Издательство Альянс».

125319, Москва, ул. Черняховского, д. 16.

Тел./факс (495) 221-21-95

izdat@aliansbooks.ru

Отпечатано в ОАО «ИПК «Чувашия».

428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 13.

ISBN 978-5-903034-81-9



9 785903 034819

ISBN 978-5-903034-81-9

© Фролов Ю. Г., 2004

© Оформление. ООО «Издательство

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	8
<b>I. Введение . . . . .</b>	<b>10</b>
1. Определение предмета коллоидной химии . . . . .	10
2. Признаки объектов коллоидной химии . . . . .	11
3. Классификация поверхностных явлений . . . . .	14
4. Классификация дисперсных систем . . . . .	15
5. Значение коллоидной химии . . . . .	17
6. Основные пути развития коллоидной химии . . . . .	19
<b>II. Термодинамика и строение поверхностного слоя . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>А. Основные термодинамические параметры поверхностного слоя . . . . .</b>	<b>21</b>
1. Геометрические параметры поверхности . . . . .	21
2. Поверхностное натяжение . . . . .	25
3. Когезионные и поверхностные силы . . . . .	29
4. Внутренняя (полная) удельная поверхностная энергия. Зависимость энергетических параметров поверхности от температуры . . . . .	32
5. Самопроизвольное уменьшение поверхностной энергии и формирование поверхностного слоя . . . . .	37
<b>Б. Адсорбция и поверхностное натяжение . . . . .</b>	<b>39</b>
1. Виды адсорбции, ее количественные характеристики и их связь с параметрами системы . . . . .	39
2. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса и примеры его применения . . . . .	45
3. Поверхностная активность. Поверхностно-активные и инактивные вещества . . . . .	50
4. Энергетические параметры адсорбции . . . . .	52
<b>В. Образование и строение двойного электрического слоя . . . . .</b>	<b>56</b>
1. Механизм образования двойного электрического слоя . . . . .	56
2. Термодинамические соотношения между поверхностным натяжением и электрическим потенциалом двойного электрического слоя . . . . .	60
3. Уравнение электрокапиллярной кривой и его экспериментальное исследование . . . . .	61
4. Строение двойного электрического слоя . . . . .	67
5. Уравнение Пуассона — Больцмана и его решение . . . . .	68
6. Толщина и емкость двойного электрического слоя. Соотношение между поверхностной и объемной плотностями зарядов . . . . .	71
7. Учет специфической адсорбции ионов в теории двойного электрического слоя . . . . .	73
8. Примеры образования двойного электрического слоя. Строение мицеллы. Суспензионный эффект . . . . .	76
<b>Г. Адгезия, смачивание и растекание жидкостей . . . . .</b>	<b>78</b>
1. Адгезия и работа адгезии . . . . .	78
2. Механизм процессов адгезии . . . . .	81
3. Смачивание и краевой угол . . . . .	82

4. Связь работы адгезии с краевым углом . . . . .	85
5. Смачивание реальных твердых тел . . . . .	87
6. Теплота смачивания . . . . .	89
7. Растекание жидкости. Эффект Марангони . . . . .	92
8. Межфазное натяжение на границах между взаимно насыщенными жидкостями . . . . .	95
9. Флотация . . . . .	97
<b>Д. Дисперсность и термодинамические свойства тел . . . . .</b>	<b>100</b>
1. Правило фаз Гиббса для дисперсных систем . . . . .	100
2. Влияние дисперсности на внутреннее давление тел . . . . .	101
3. Поверхностная энергия и равновесные формы тел . . . . .	104
4. Капиллярные явления . . . . .	106
5. Зависимость термодинамической реакционной способности от дисперсности . . . . .	111
6. Влияние дисперсности на температуру фазового перехода . . . . .	114
<b>Е. Энергетика диспергирования и конденсации . . . . .</b>	<b>115</b>
1. Два общих метода получения дисперсных систем. Диспергирование . . . . .	115
2. Термодинамика конденсационного образования дисперсных систем . . . . .	118
3. Две стадии образования новой фазы . . . . .	124
4. Примеры получения свобододисперсных систем . . . . .	127
<b>III. Адсорбционные равновесия . . . . .</b>	<b>129</b>
<b>А. Адсорбция газов и паров на однородной поверхности . . . . .</b>	<b>129</b>
1. Адсорбционные взаимодействия при физической адсорбции . . . . .	129
2. Закон Генри . . . . .	133
3. Мономолекулярная адсорбция. Изотерма адсорбции Ленгмюра . . . . .	136
4. Теория полималекулярной адсорбции БЭТ . . . . .	141
5. Стандартные энергетические параметры адсорбции на однородной поверхности . . . . .	145
6. Влияние на адсорбцию природы адсорбента и адсорбата. Хемосорбция . . . . .	148
7. Кинетика мономалекулярной адсорбции Ленгмюра. Активированная и неактивированная адсорбция . . . . .	150
<b>Б. Адсорбция газов и паров на пористых телах . . . . .</b>	<b>153</b>
1. Общие сведения о пористых телах и методы их получения. Классификация пористой структуры . . . . .	153
2. Количественные характеристики пористых тел и порошков . . . . .	157
3. Потенциальная теория Поляни . . . . .	160
4. Теория капиллярной конденсации. Распределение пор по размерам . . . . .	162
5. Теория объемного заполнения микропор . . . . .	168
6. Влияние структуры пористого тела на адсорбцию. Практическое использование адсорбции газов и паров . . . . .	171
<b>В. Обменная молекулярная адсорбция из растворов . . . . .</b>	<b>174</b>
1. Гиббсовская адсорбция из бинарных растворов . . . . .	174
2. Уравнение изотермы адсорбции из растворов с константой обмена . . . . .	177
3. Селективность адсорбции из растворов . . . . .	180
<b>Г. Адсорбция поверхностно-активных веществ и полимеров. Состояние поверхностных (адсорбционных) пленок . . . . .</b>	<b>184</b>
1. Изотермы адсорбции и поверхностного натяжения растворов ПАВ . . . . .	184
2. Уравнения состояния поверхностных пленок . . . . .	188

3. Типы поверхностных пленок и определение их характеристик	191
4. Адсорбция полимеров	195
<b>Д. Ионнообменная адсорбция</b>	198
1. Классификация ионитов и методы их получения	198
2. Основные физико-химические характеристики ионитов	201
3. Равновесие ионного обмена	205
4. Адсорбция сильных электролитов. Мембранная разность потенциалов	208
<b>Е. Хроматография</b>	211
1. Сущность и классификация методов хроматографии	211
2. Получение хроматограммы. Основное уравнение равновесной хроматографии	214
3. Основные характеристики хроматографического разделения	217
<b>IV. Кинетические свойства и методы исследования дисперсных систем</b>	220
<b>А. Седиментация и седиментационный анализ дисперсности</b>	220
1. Свободнодисперсные системы	220
2. Закономерности седиментации в гравитационном и центробежном полях	224
3. Условия соблюдения закона Стокса при седиментации дисперсных систем	228
4. Седиментационный анализ дисперсности	231
5. Некоторые методы и приемы в седиментационном анализе	237
<b>Б. Молекулярно-кинетические свойства свободнодисперсных систем</b>	239
1. Броуновское движение и его молекулярно-кинетическая природа	239
2. Связь между средним сдвигом частиц и коэффициентом диффузии	241
3. Экспериментальные доказательства закона Эйнштейна — Смолуховского. Следствия из теории броуновского движения	245
4. Осмотические свойства дисперсных систем и мембранное равновесие	248
5. Диффузионно-седиментационное равновесие. Седиментационная устойчивость	252
<b>В. Электрокинетические явления</b>	256
1. Открытие электрокинетических явлений	256
2. Электрокинетический потенциал	257
3. Электроосмос	259
4. Электрофорез	263
5. Потенциалы течения и седиментации	266
6. Особенности электрических свойств аэрозолей	267
7. Практическое использование электрокинетических явлений	270
<b>Г. Явления переноса в пористых телах. Мембранные методы разделения смесей</b>	271
1. Основные законы течения жидкостей в пористых телах. Определение размеров пор методом фильтрации. Капиллярная пропитка	271
2. Механизм переноса газов и компонентов растворов в пористых телах	276
3. Мембранные методы разделения смесей	280

V. Оптические свойства и методы исследования дисперсных систем	288
A. Особенности оптических свойств дисперсных систем и оптические методы анализа поверхностных слоев и дисперсности	288
1. Оптическая неоднородность дисперсных систем. Определение состава и структуры поверхностных слоев	288
2. Световая и электронная микроскопия	290
Б. Рассеяние света ультрамикрорегетерогенными системами и методы исследования, основанные на рассеянии света	295
1. Явление рассеяния света	295
2. Ультрамикроскопия	299
3. Турбидиметрия	301
4. Нефелометрия	304
5. Методы, основанные на дифракции рентгеновских лучей и электронов	307
В. Окраска и оптическая анизотропия дисперсных систем	309
1. Поглощение света и окраска золей	309
2. Форма частиц и двойное лучепреломление в потоке	310
VI. Агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем	314
A. Механизм и кинетика самопроизвольного уменьшения дисперсности. Условия термодинамической устойчивости дисперсных систем	314
1. Процессы в дисперсных системах, обусловленные агрегативной неустойчивостью. Факторы агрегативной устойчивости	314
2. Изотермическая перегонка в дисперсных системах	318
3. Кинетика коагуляции	321
4. Элементы термодинамической теории агрегативной устойчивости дисперсных систем	326
Б. Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ (ассоциативные коллоиды)	333
1. Классификация и общая характеристика поверхностно-активных веществ	333
2. Термодинамика и механизм мицеллообразования	338
3. Строение мицелл ПАВ. Солюбилизация	343
4. Основные факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования. Методы определения ККМ	346
5. Применение поверхностно-активных веществ	350
В. Растворы высокомолекулярных соединений (молекулярные коллоиды)	351
1. Общая характеристика высокомолекулярных соединений	351
2. Растворы полимеров как коллоидные системы	356
3. Набухание и растворение высокомолекулярных соединений	359
4. Уравнение состояния растворов полимеров	367
Г. Устойчивость, стабилизация и коагуляция лиофобных дисперсных систем	372
1. Расклинивающее давление	372
2. Электростатическая составляющая расклинивающего давления в теории ДЛФО	375
3. Энергия притяжения между частицами и общие уравнения теории ДЛФО	379

4. Закономерности коагуляции гидрофобных дисперсных систем электролитами . . . . .	384
5. Адсорбционно-сольватный, структурно-механический и энтропийный факторы устойчивости . . . . .	389
Д. Стабилизация и коагуляция дисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз . . . . .	393
1. Особенности стабилизации и коагуляции дисперсных систем с различным агрегатным состоянием дисперсионных сред . . . . .	393
2. Особенности коагуляции суспензий и лиозолей . . . . .	394
3. Стабилизация и разрушение эмульсий . . . . .	398
4. Стабилизация и разрушение пен . . . . .	401
5. Устойчивость и разрушение аэрозолей . . . . .	404
<b>VII. Структурно-механические свойства и реологический метод исследования дисперсных систем . . . . .</b>	<b>406</b>
А. Реология как метод исследования структуры дисперсных систем . . . . .	406
1. Основные понятия и идеальные законы реологии . . . . .	406
2. Моделирование реологических свойств тел . . . . .	412
3. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам . . . . .	417
Б. Реологические свойства дисперсных систем . . . . .	423
1. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем . . . . .	423
2. Реологические свойства структурированных жидкообразных систем . . . . .	428
3. Реологические свойства твердообразных систем . . . . .	433
В. Элементы управления структурно-механическими свойствами материалов . . . . .	437
1. Факторы, определяющие прочность структур. Механизм структурообразования . . . . .	437
2. Образование структур в некоторых твердых телах . . . . .	442
3. Композиционные материалы . . . . .	448
<i>Список рекомендательной литературы . . . . .</i>	<i>452</i>
<i>Приложение. Основные физико-химические величины, используемые в коллоидной химии . . . . .</i>	<i>453</i>
<i>Предметный указатель . . . . .</i>	<i>454</i>