

А. И. Клындюк

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

*Утверждено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебника
для студентов учреждений высшего образования
по группе специальностей «Химическая инженерия и процессы,
технологии в области охраны окружающей среды»*

Минск
РИВШ
2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН	6
Раздел 1. Введение в коллоидную науку	14
1.1. Определение предмета и основные понятия	14
1.2. Признаки дисперсных систем	16
1.3. Классификация дисперсных систем	19
1.4. Классификация поверхностных явлений	21
1.5. Основные этапы развития коллоидной науки	22
Вопросы для контроля и самоконтроля	25
ЧАСТЬ I. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	26
Раздел 2. Термодинамика поверхностных явлений	26
2.1. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение	26
2.2. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов. Уравнение Шипковского	32
2.3. Классификация поверхностно-активных веществ по их строению	35
2.4. Поверхностная активность поверхностно-активных веществ. Правило Траубе – Дюкло	36
2.5. Адгезия, аутогезия и когезия. Уравнение Дюпре	38
2.6. Смачивание, его виды. Теплота смачивания. Угол смачивания. Закон Юнга. Уравнение Дюпре – Юнга	43
2.7. Растекание. Правило Антонова. Эффект Марангони	48
2.8. Смачивание поверхностей реальных твердых тел	51
2.9. Модификация свойств поверхностей твердых тел	54
Задачи	57
Вопросы для контроля и самоконтроля	59
Раздел 3. Капиллярные явления	61
3.1. Кривизна межфазной поверхности. Избыточное давление. Уравнение Лапласа	61

3.2. Капиллярные явления. Капиллярное давление. Уравнение Жюрена.....	62
3.3. Пропитка. Уравнение Дарси.....	67
3.4. Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости. Уравнение Томсона (Кельвина).....	69
3.5. Влияние дисперсности на растворимость и реакционную способность твердых тел.....	71
Задачи	74
Вопросы для контроля и самоконтроля	76
Раздел 4. Адсорбция на границе раздела фаз «твердое тело – газ»	77
4.1. Основные понятия. Классификация адсорбентов	77
4.2. Виды адсорбции и способы ее выражения	81
4.3. Мономолекулярная адсорбция. Теория Лэнгмюра.....	82
4.4. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра – Эммета – Теллера.....	93
4.5. Потенциальная теория адсорбции Поляни	96
4.6. Капиллярная конденсация	99
4.7. Теория объемного заполнения микропор.....	103
Задачи	107
Вопросы для контроля и самоконтроля	109
Раздел 5. Адсорбция на границе раздела фаз «жидкость – газ».....	110
5.1. Адсорбция по Гиббсу. Уравнение изотермы адсорбции Гиббса	110
5.2. Экспериментальное определение адсорбции по Гиббсу. Анализ адсорбционного уравнения Гиббса	112
Задачи	118
Вопросы для контроля и самоконтроля	119
Раздел 6. Адсорбция на границе раздела фаз «твердое тело – жидкость»	120
6.1. Молекулярная адсорбция из растворов. Правило уравнивания полярностей Ребиндера	120
6.2. Адсорбция ионов из растворов электролитов на твердой поверхности.....	121

6.3. Формирование двойного электрического слоя	123
6.4. Модели строения двойного электрического слоя.....	125
6.5. Ионобменная адсорбция. Иониты. Очистка сточных вод	131
Задачи	134
Вопросы для контроля и самоконтроля	135
ЧАСТЬ II. ПОЛУЧЕНИЕ, УСТОЙЧИВОСТЬ И СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.....	136
Раздел 7. Способы получения дисперсных систем	136
7.1. Диспергирование.....	136
7.2. Физическая и химическая конденсация	138
7.3. Пептизация, ее виды	143
7.4. Лиофильные дисперсные системы. Мицеллы, их виды. Критическая концентрация мицеллообразования.....	145
7.5. Фазовая диаграмма раствора коллоидного поверхностно-активного вещества	153
7.6. Критическая концентрация мицеллообразования, способы ее определения.....	154
7.7. Солюбилизация, ее механизмы.....	156
Задачи	160
Вопросы для контроля и самоконтроля	162
Раздел 8. Устойчивость и коагуляция дисперсных систем	164
8.1. Виды устойчивости дисперсных систем.....	164
8.2. Факторы устойчивости дисперсных систем	169
8.3. Теория устойчивости и коагуляции дисперсных систем ДЛФО.....	171
8.4. Коагуляция. Порог коагуляции. Факторы, вызывающие коагуляцию гидрозолей.....	179
8.5. Закономерности коагуляции гидрозолей электролитами. Виды коагуляции	182
8.6. Индифферентные и неиндифферентные электролиты	185
8.7. Быстрая и медленная коагуляция. Теория Смолуховского.....	190

Задачи	193
Вопросы для контроля и самоконтроля	196
Раздел 9. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем...	198
9.1. Броуновское движение.....	198
9.2. Диффузия	200
9.3. Осмотическое давление золей.....	204
9.4. Седиментация	207
9.5. Применение седиментационного анализа для определения размеров частиц дисперсной фазы.....	210
9.6. Седиментационно-диффузионное равновесие	217
Задачи	219
Вопросы для контроля и самоконтроля	221
Раздел 10. Электрические свойства дисперсных систем.	
Электрокинетические явления	223
10.1. Прямые и обратные электрокинетические явления.....	223
10.2. Макро- и микроэлектрофоретический методы определения электрокинетического потенциала	229
Задачи	231
Вопросы для контроля и самоконтроля	233
Раздел 11. Оптические свойства дисперсных систем.....	235
11.1. Общая характеристика оптических явлений в дисперсных системах.....	235
11.2. Рассеяние света. Уравнение Рэлея	237
11.3. Поглощение света дисперсными системами	242
11.4. Оптические методы анализа дисперсных систем.....	243
Задачи	249
Вопросы для контроля и самоконтроля	250
Раздел 12. Реологические свойства дисперсных систем.....	252
12.1. Основные понятия реологии. Идеальные реологические элементы.....	252

12.2. Модели реологических свойств реальных тел	257
12.3. Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам	263
Вопросы для контроля и самоконтроля	270
ЧАСТЬ III. ВИДЫ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.....	272
Раздел 13. Системы с жидкой дисперсионной средой	272
13.1. Суспензии, их классификация и свойства	272
13.2. Седиментационная и агрегативная устойчивость суспензий	276
13.3. Методы разрушения разбавленных суспензий	279
13.4. Пасты, их свойства, устойчивость и разрушение.....	281
13.5. Дисперсионный анализ	285
13.6. Эмульсии, их классификация, свойства и применение	287
13.7. Способы получения и разрушения эмульсий	291
13.8. Жидкие пены.....	300
Задачи	309
Вопросы для контроля и самоконтроля	311
Раздел 14. Системы с газообразной дисперсионной средой	313
14.1. Аэрозоли, их классификация и свойства.....	313
14.2. Порошки	318
14.3. Углеродные и оксидные нанотрубки	323
Вопросы для контроля и самоконтроля	329
Раздел 15. Системы с твердой дисперсионной средой	331
15.1. Твердые пены	331
15.2. Аэрогели.....	332
15.3. Капиллярно-пористые тела	334
15.4. Композиционные материалы.....	335
15.5. Нанокompозиты.....	337
Вопросы для контроля и самоконтроля	340
Раздел 16. Высокомолекулярные соединения	341
16.1. Коллоидная химия высокомолекулярных соединений	341

16.2. Структура макромолекул и свойства растворов ВМС	344
16.3. Набухание и растворение полимеров	350
16.4. Студни, их образование и свойства	354
16.5. Белки.....	357
Задачи	362
Вопросы для контроля и самоконтроля	362
ПРИЛОЖЕНИЕ	364
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ И УРАВНЕНИЯ	364
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	374
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	376
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	379