

УДК 544
ББК 24.58я73
Я30

Серия основана в 2009 г.

Ягодковский В. Д.

Я30 Адсорбция : учебное пособие / В. Д. Ягодковский. — 3-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 219 с. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-675-9

В учебном пособии, написанном профессором РУДН, излагаются теоретические основы адсорбции — сложного явления на границе раздела фаз газ—твердое тело, газ—жидкость, жидкость—твердое тело, жидкость—жидкость. Адсорбция играет важную роль в природных процессах (обмен энергией между геологическими слоями, концентрирование веществ клетками живых организмов при метаболизме и т. д.), находит широкое применение в технике, медицине, фармакологии, лабораторной практике, при очистке промышленных газов и жидкостей от вредных примесей, очистке питьевой воды, изготовлении катализаторов для нефтепереработки, а также получении других полезных веществ. В качестве адсорбентов на практике чаще используются пористые материалы на основе различных активных углей, оксида алюминия, алюмосиликатов и силикагелей.

Для студентов химических и химико-технологических вузов.

**УДК 544
ББК 24.58я73**

Деривативное издание на основе печатного аналога: Адсорбция : учебное пособие / В. Д. Ягодковский. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 216 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). — ISBN 978-5-9963-1681-6.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-675-9

© Лаборатория знаний, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Термодинамическое описание адсорбции	11
1.1. Метод Гиббса	11
1.1.1. Изменение интегральных термодинамических функций при адсорбции	18
1.1.2. Изменения дифференциальных молярных величин ..	23
1.1.3. Вычисление термодинамических функций из экспериментальных данных	24
1.1.4. Константа адсорбционного равновесия	27
1.1.5. Термодинамические модели изотерм адсорбции ...	28
1.2. Адсорбция на поверхности твердых тел	34
1.3. Адсорбция из жидких растворов на поверхности твердых адсорбентов (по А. В. Киселеву)	40
1.4. Примеры и задачи	45
1.5. Вопросы	50
Литература	50
Глава 2. Методы определения изотерм адсорбции	51
2.1. Весовой метод	51
2.2. Объемный метод	52
2.3. Определение изотерм адсорбции из хроматографических данных	54
2.4. Изотермы адсорбции при давлениях $<10^{-4}$ мм рт. ст.	56
2.5. Изотермы адсорбции на твердом адсорбенте из жидкого раствора	58
Литература	58

Глава 3. Адсорбционные силы при физической адсорбции . . .	59
3.1. Силы притяжения	60
3.1.1. Электронейтральная система зарядов во внешнем поле	60
3.1.2. Кулоновское притяжение между диполем и ионом и между двумя диполями	62
3.1.3. Индукционное взаимодействие	67
3.1.4. Дисперсионное взаимодействие (силы Ван дер Вальса)	69
3.2. Силы отталкивания	75
3.3. Эмпирические модельные потенциалы	76
3.4. Адсорбционный потенциал	80
3.4.1. Примеры расчетов адсорбционного потенциала . . .	82
3.5. Задачи	85
3.6. Вопросы	86
Литература	86
Глава 4. Пористые адсорбенты	87
4.1. Краткие сведения о пористых адсорбентах	87
4.1.1. Активные угли	87
4.1.2. Нанотрубочные материалы (НУМ)	89
4.1.3. Фуллерены	89
4.1.4. Силикагели	91
4.1.5. Активный оксид алюминия	91
4.1.6. Алумосиликаты	93
4.2. Термодинамическое описание адсорбции на пористых адсорбентах	96
4.2.1. Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМ) . .	96
4.2.2. Деформация пор микропористых адсорбентов	106
4.3. Адсорбция на мезопористых адсорбентах	109
4.4. Задачи	118
4.5. Вопросы	120
Литература	121
Глава 5. Молекулярно-статистическое описание адсорбции . .	122
5.1. Идеальный адсорбционный слой	122
5.2. Реальный адсорбционный слой на однородной поверхности	132
5.2.1. Решеточные модели	133
5.2.2. Вириальное уравнение изотермы адсорбции	146
5.2.3. Адсорбция на неоднородной поверхности	151
5.3. Вопросы	157
Литература	157

Глава 6. Хемосорбция	158
6.1. Экспериментальное определение теплоты хемосорбции ..	160
6.2. Элементы теории хемосорбции	162
6.2.1. Полуэмпирические методы расчета теплоты хемосорбции	162
6.2.2. Квантово-химический анализ характеристик хемосорбции	164
6.2.3. Хемосорбция на оксидах	170
6.3. Вопросы	171
Литература	171
Глава 7. Физические методы исследования адсорбции	173
7.1. Оптическая спектроскопия	173
7.1.1. ИК-спектры адсорбционного слоя	175
7.1.2. Электронные спектры поглощения	180
7.2. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)	182
7.2.1. Примеры использования спектров ЭПР в адсорбции	185
7.3. Фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС, ОЭС)	187
7.3.1. Применение метода РФЭС в адсорбции и катализе	189
7.4. Дифракция медленных электронов (ДМЭ)	191
7.4.1. Примеры использования метода ДМЭ	193
7.5. Работа выхода электрона	195
7.5.1. Термоэлектронная эмиссия	197
7.5.2. Фотоэлектрический метод (по Фаулеру)	198
7.5.3. Контактная разность потенциалов (КРП)	199
7.5.4. Автоэлектронная эмиссия	200
7.5.5. Поляризация адсорбата на островковых пленках металла	201
7.5.6. Примеры определения работы выхода при адсорбции	201
7.6. Вопросы	203
Литература	204
Приложения	207
Приложение 1. Метод возмущений	207
Приложение 2. Некоторые постоянные	212
Общая литература	213