

А. Д. Зимон

Доктор технических наук

Заслуженный
деятель науки
России



ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Химическая термодинамика.
Термохимия
- Химическая термодинамика.
Химическое и фазовое равновесие
- Строение вещества
- Растворы
- Электрохимия
- Химическая кинетика



Рекомендовано
Министерством образования
Российской Федерации
в качестве
учебника

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Московский государственный университет технологий и управления

А. Д. Зимон

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Рекомендовано
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов
технологических специальностей
высших учебных заведений

Издание стереотипное



URSS

МОСКВА

Зимон Анатолий Давыдович

Физическая химия: Учебник. Изд. стереотип. — М.: КРАСАНД, 2020. — 318 с.

Изложены основополагающие представления и фундаментальные законы физической химии, знание которых необходимо для разработки и проведения технологических процессов. Рассмотрены основные разделы физической химии: химическая термодинамика, строение вещества, химия растворов, электрохимия, химическая кинетика и катализ.

Предназначен для студентов технологических вузов, готовящих специалистов для пищевой, легкой, текстильной, строительной, металлургической и других отраслей промышленности, а также медицинских, сельскохозяйственных и соответствующих факультетов педагогических институтов.

Рекомендуется для самостоятельного изучения курса при обучении без отрыва от производства.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *Г. А. Григорьев*;
кафедра химии и биотехнологии лесного комплекса Московского государственного университета леса (зав. кафедрой член-корр. Инженерной академии, проф. *А. Д. Неклюдов*)

Издательство «КРАСАНД». 117335, Москва, Нахимовский пр-т, 56.
Формат 60×90/16. Печ. л. 19,875.

ISBN 978–5–396–01002–4

© КРАСАНД, 2014, 2020

28471 ID 262379



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Предисловие | 7 |
| Список обозначений основных величин | 10 |

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

| | |
|---|----|
| ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕРМОХИМИЯ | 11 |
| <i>Глава 1. Основные положения химической термодинамики</i> | 12 |
| 1.1. Химическая термодинамика и ее особенности | 12 |
| 1.2. Термодинамическая система и ее параметры | 14 |
| 1.3. Термодинамические процессы | 17 |
| 1.4. Равновесное состояние – нулевое начало термодинамики | 19 |
| 1.5. Теплота, работа, функции состояния | 22 |
| <i>Глава 2. Первое начало термодинамики</i> | 26 |
| 2.1. Формулировки, аналитическое выражение, следствия | 27 |
| 2.2. Теплоемкость | 30 |
| <i>Глава 3. Термохимия, тепловые эффекты химических реакций</i> | 32 |
| 3.1. Термохимические уравнения | 33 |
| 3.2. Определение тепловых эффектов по теплоте образования | 35 |
| 3.3. Определение тепловых эффектов по теплоте сгорания | 41 |
| 3.4. Зависимость тепловых эффектов от температуры | 44 |

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

| | |
|--|----|
| ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ХИМИЧЕСКОЕ И ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ | 47 |
| <i>Глава 4. Второе начало термодинамики</i> | 49 |
| 4.1. Предпосылки и формулировки второго начала | 49 |
| 4.2. Энтропия | 51 |
| <i>Глава 5. Процессы в неизолированных системах</i> | 59 |
| 5.1. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца | 59 |
| 5.2. Критерий равновесных и самопроизвольных процессов | 61 |

| | | |
|--|---|------------|
| 5.3. | Характеристические функции и максимальная работа..... | 64 |
| 5.4. | Зависимость характеристических функций от температуры..... | 69 |
| 5.5. | Третье начало термодинамики | 71 |
| Глава 6. Химическое равновесие..... | | 74 |
| 6.1. | Химический потенциал – фактор интенсивности физико-химических процессов..... | 74 |
| 6.2. | Константы равновесия..... | 78 |
| 6.3. | Константы равновесия с учетом реальных условий. Фугитивность и активность | 83 |
| 6.4. | Изотерма химической реакции | 87 |
| 6.5. | Химическая переменная и химическое сродство..... | 88 |
| 6.6. | Уравнение изобары и изохоры химических реакций | 91 |
| 6.7. | Смещение равновесия – принцип Ле Шателье–Брауна | 94 |
| Глава 7. Фазовое равновесие..... | | 97 |
| 7.1. | Правило фаз Гиббса | 97 |
| 7.2. | Тепловые эффекты фазовых переходов..... | 102 |
| Глава 8. Основы неравновесной и статистической термодинамики..... | | 106 |
| 8.1. | Неравновесная термодинамика как развитие классической равновесной | 107 |
| 8.2. | Элементы статистической термодинамики. Сумма по состояниям | 115 |

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

| | | |
|--|---|------------|
| СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА | 121 | |
| Глава 9. Поляризация и межмолекулярные взаимодействия | | 122 |
| 9.1. | Поляризация и неполярные молекулы | 122 |
| 9.2. | Поляризация | 125 |
| 9.3. | Рефракция..... | 129 |
| 9.4. | Межмолекулярные взаимодействия (ван-дер-ваальсовы силы)..... | 134 |
| Глава 10. Молекулярные спектры | | 137 |
| 10.1. | Характеристика молекулярных спектров | 137 |
| 10.2. | Вращательные молекулярные спектры..... | 143 |
| 10.3. | Колебательные и электронные спектры. Спектры комбинационного рассеяния..... | 146 |

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

| | | |
|--|--|------------|
| РАСТВОРЫ..... | 151 | |
| Глава 11. Коллективные (коллигативные) свойства растворов | | 152 |
| 11.1. | Характеристика и свойства растворов..... | 153 |
| 11.2. | Давление насыщенного пара над раствором..... | 158 |
| 11.3. | Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания растворов (эбулиоскопия и криоскопия) | 161 |
| 11.4. | Осмоз и осмотическое давление | 166 |
| 11.5. | Неидеальные растворы. Активность..... | 169 |

| | |
|---|-----|
| Глава 12. Разделение жидких растворов | 174 |
| 12.1. Законы Гиббса-Коновалова | 175 |
| 12.2. Термодинамическое обоснование законов Гиббса-Коновалова | 180 |
| 12.3. Перегонка (дистилляция) и ректификация | 182 |
| Глава 13. Некоторые особенности растворов | 187 |
| 13.1. Твердые растворы | 187 |
| 13.2. Растворы с эвтектикой | 190 |
| 13.3. Растворы газов в жидкостях | 195 |
| 13.4. Трехкомпонентные системы. Экстракция | 200 |

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

| | |
|---|-----|
| ЭЛЕКТРОХИМИЯ | 205 |
| Глава 14. Растворы электролитов | 207 |
| 14.1. Особенности водных растворов электролитов | 207 |
| 14.2. Электропроводность растворов электролитов | 211 |
| 14.3. Подвижность ионов и числа переноса | 216 |
| 14.4. Сильные и слабые электролиты | 220 |
| 14.5. Активность электролитов и ионная сила растворов | 225 |
| Глава 15. Электродные процессы и электродвижущая сила | 227 |
| 15.1. Механизм возникновения электрического потенциала | 227 |
| 15.2. Устройство и работа гальванического элемента | 230 |
| 15.3. Стандартные электродные потенциалы | 237 |
| 15.4. Электроды, электрохимические цепи и химические источники тока | 240 |

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

| | |
|---|-----|
| ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА | 245 |
| Глава 16. Формальная кинетика | 246 |
| 16.1. Основные представления химической кинетики | 247 |
| 16.2. Скорость химических реакций | 248 |
| 16.3. Молекулярность и кинетические уравнения химических реакций .. | 251 |
| 16.4. Порядок химических реакций | 254 |
| 16.5. Кинетические уравнения реакций различного порядка | 257 |
| 16.6. Определение порядка реакции | 260 |
| Глава 17. Механизм химических реакций | 263 |
| 17.1. Элементарный акт химического взаимодействия и энергия активации | 264 |
| 17.2. Активированный комплекс и стерический фактор | 270 |
| 17.3. Реакция в растворах | 274 |
| Глава 18. Сложные химические реакции | 275 |
| 18.1. Обратимые, последовательные, параллельные и сопряженные реакции | 275 |

| | |
|---|-----|
| 18.2. Цепные реакции | 280 |
| 18.3. Реакции с нетермической активацией реагирующих веществ..... | 284 |
| <i>Глава 19. Катализ</i> | 290 |
| 19.1. Катализаторы и каталитические реакции..... | 290 |
| 19.2. Механизм каталитических реакций..... | 295 |
| 19.3. Скорость и причины каталитических реакций | 298 |
| 19.4. Ферментативный катализ | 302 |
| Словарь-указатель основных терминов | 307 |
| Список рекомендуемой литературы..... | 317 |