

БАКАЛАВРИАТ

Н.М. Бажин, В.Н. Пармон

НАЧАЛА ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com



Н.М. БАЖИН

В.Н. ПАРМОН

НАЧАЛА ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Допущено
УМО по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся
по направлению 04.00.00 — химия*

znanium.com

электронно-библиотечная система

Москва
ИНФРА-М
2025

УДК 544(075.8)
ББК 24я73
Б16



Рецензенты:

В.В. Болдырев — академик РАН, советник РАН, д-р хим. наук, проф., зав. каф. химии твердого тела Новосибирского государственного университета;

В.В. Еремин — д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физической химии Московского государственного университета

Бажин Н.М.

Б16 Начала физической химии : учебное пособие / Н.М. Бажин, В.Н. Пармон. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 332 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/6884.

ISBN 978-5-16-009055-9 (print)

ISBN 978-5-16-102494-2 (online)

В пособии изложены фундаментальные понятия предмета физической химии, основные положения теории атомно-молекулярного строения вещества, квантовой механики, химической термодинамики и кинетики процессов. Математический аппарат пособия адаптирован к изучению студентами-первокурсниками, не владеющими в достаточной степени знаниями высшей математики.

Соответствует вузовской программе подготовки бакалавров по направлению «Химия». Может оказаться полезным для преподавателей химии, учащихся химических колледжей, техникумов и нехимических вузов.

УДК 544(075.8)
ББК 24я73

ISBN 978-5-16-009055-9 (print)
ISBN 978-5-16-102494-2 (online)

© Бажин Н.М., Пармон В.Н., 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1	
ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ	5
1.1. Строение и свойства элементарных частиц	5
1.2. Ядра и атомы	13
Литература	17
Глава 2	
ВЕРОЯТНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ, ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА, КВАНТОВАНИЕ, Ψ- ФУНКЦИЯ	18
2.1. Вероятность, плотность вероятности.....	18
2.2. Волновые свойства микрочастиц.....	21
2.3. Квантование. Описание простейших систем	28
Литература	39
Глава 3	
АТОМ ВОДОРОДА	40
3.1. Уровни энергии атома водорода	40
3.2. Волновые функции атома водорода	42
3.3. Форма атомных орбиталей.....	45
3.4. Вырождение уровней энергии в атоме водорода	50
3.5. Устойчивость атома водорода	52
Литература	53
Приложение к гл. 3	
Волновые функции водородоподобных атомов [4]	54
Глава 4	
ТАБЛИЦА МЕНДЕЛЕЕВА.....	56
Глава 5	
ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ	69
5.1. Определения	69
5.2. Природа химической связи.....	70
5.3. Энергия связи в молекуле, потенциал ионизации молекулы	81
5.4. Гибридные орбитали	82

5.5. Молекулярные орбитали.....	86
5.6. Двухатомные молекулы.....	91
5.7. Молекулярные орбитали многоатомных молекул	99
5.8. Донорно-акцепторные связи	101
5.9. Электроотрицательность	101
5.10. Водородные связи	104
5.11. Электрические дипольные моменты молекул	104
Литература	108
Приложение к гл. 5.	
Выражения для гибридных орбиталей как суперпозиции	
ортогональных атомных орбиталей.....	108

Глава 6

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МНОГОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ

6.1. Размеры атомов и молекул.....	110
6.2. Правила Гиллеспи	113
6.3. Строение координационных соединений.....	118
6.4. Строение органических соединений.....	119
Литература	121

Глава 7

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛ

7.1. Степени свободы	122
7.2. Общие основы спектроскопии	127
7.3. Закон Бугера–Ламберта–Бера.....	128
7.4. Электронная спектроскопия	130
7.5. ИК-спектроскопия.....	133
7.6. Вращательная спектроскопия.....	135
7.7. Магнитная радиоспектроскопия	136
7.8. Метод рентгеновской дифракции	147
7.9. Масс-спектрометрия	147
Литература	147

Глава 8

АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА.....

8.1. Распределения Максвелла, Больцмана, Гиббса	148
8.2. Нековалентные взаимодействия	152
8.3. Состояние идеального газа	158
8.4. Состояние неидеального газа	160

8.5. Жидкости.....	161
8.6. Твердые тела.....	163
8.7. Растворы.....	164
8.8. Подвижность молекул в растворах	165
Литература.....	169

Глава 9

ЭНТРОПИЯ 170

9.1. Самопроизвольные процессы.....	170
9.2. Энтропия. Изменение энтропии в изолированной системе.....	177
9.3. Термодинамическое выражение для энтропии.....	179
9.4. Энтропия и беспорядок	181
Литература.....	183

Глава 10

ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ 184

10.1. Основные понятия химической термодинамики.....	184
10.2. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия.....	189
10.3. Второе начало термодинамики	194
10.4. Функции Гельмгольца и Гиббса.....	196
10.5. Фундаментальные функции	199
Литература.....	200

Глава 11

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..... 201

11.1. Химическая переменная.....	201
11.2. Стандартные состояния. Стандартные условия	203
11.3. Стандартные термодинамические величины образования веществ.....	206
11.4. Изменение стандартных термодинамических величин в химических реакциях	208
11.5. Тепловой эффект при постоянном объеме и постоянном давлении в газе	209
11.6. Закон Гесса.....	210
11.7. Направление самопроизвольного процесса в закрытой системе. Условия равновесия.....	212
Литература.....	215

Глава 12

ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ. РАБОТА И ТЕПЛОТА

12.1. Химический потенциал	216
12.2. Выражение для химического потенциала	219
12.3. Константа равновесия химической реакции	222
12.4. Направление химической реакции	227
12.5. Различные варианты записи констант равновесия	229
12.6. Решение задач по определению равновесного состава	230
12.7. Зависимость равновесного состава от давления	232
12.8. Влияние температуры на константу равновесия.....	233
12.9. Механизм получения теплоты и полезной работы в обратимых химических системах.....	234
Литература	238

Глава 13

РАВНОВЕСИЕ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

13.1. Условия равновесия в гетерогенной системе.....	239
13.2. Число термодинамических степеней свободы системы. Правило фаз Гиббса.....	240
13.3. Химическое равновесие с участием твердых или жидких веществ.....	242
13.4. Давление насыщенного пара над чистыми конденсированными телами	244
Литература	245

Глава 14

ТЕРМОДИНАМИКА РАСТВОРОВ.....

14.1. Классификация растворов.....	246
14.2. Давление пара над растворами. Закон Рауля	247
14.3. Растворимость газа в жидкости. Закон Генри.....	249
14.4. Фазовые диаграммы двухкомпонентных жидких растворов. Равновесие «жидкость–пар». Полная смешиваемость в обеих фазах	250
14.5. Эбулиоскопия.....	256
14.6. Криоскопия. Равновесие «жидкая смесь–кристалл»	258
14.7. Осмотическое давление	261
14.8. Активность вещества.....	263
14.9. Химические превращения в растворах.....	265
Литература	267

Глава 15

ЭЛЕКТРОЛИТЫ. КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ РАВНОВЕСИЯ.....

РАВНОВЕСИЯ.....	268
15.1. Электролиты.....	268
15.2. Сольватация ионов.....	269
15.3. Кислоты и основания.....	271
15.4. Диссоциация воды.....	272
15.5. Диссоциация кислот и оснований.....	273
15.6. Диссоциация сильной кислоты и сильного основания.....	275
15.7. Диссоциация слабой кислоты или основания.....	276
15.8. Смесь сильной и слабой кислот.....	280
15.9. Диссоциация двухосновных кислот.....	280
15.10. Смесь сильной кислоты и сильного основания.....	282
15.11. Растворы труднорастворимых электролитов.....	283
15.12. Буферные растворы.....	285
15.13. Термодинамические параметры реакций с участием ионов в растворах.....	287
15.14. Реакции с участием воды в качестве реагента.....	288
15.15. Ионная сила. Влияние ионной силы на равновесие.....	288
Литература.....	289

Глава 16

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЦЕПИ.....

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	291
16.1. Реакции на электродах	292
16.2. Гальвани-потенциал. Электрохимический потенциал.....	295
16.3. Электрохимические цепи. Электродные потенциалы	297
16.4. Связь электродных потенциалов с функцией Гиббса.....	301
16.5. Использование электродных потенциалов для определения термодинамических параметров системы.....	303
Определение стандартного изменения функции Гиббса в реакции.....	303
Определение ионного произведения воды	304
Определение произведения растворимости.....	304
16.6. Диффузионный потенциал.....	305
Литература	305

Глава 17

КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ	306
17.1. Простые реакции	306

17.2. Скорость мономолекулярной реакции.	
Константа скорости	309
17.3. Бимолекулярные реакции	315
17.4. Кинетика реакций второго порядка.....	318
17.5. Кинетика бимолекулярных реакций, контролируемая диффузией	319
17.6. Обратимые реакции.....	320
17.7. Понятие о сложных реакциях.....	322
Литература	324
Об авторах.....	325