


**А. М. Верховлюк
Г. А. Верховлюк**

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ –
ОСНОВА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

«Инфра-Инженерия» 

А. М. Верховлюк, Г. А. Верховлюк

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ – ОСНОВА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 669.01:544
ББК 34.3:24.5
В36

Верховлюк, А. М.

В36 Физическая химия – основа металлургических процессов :
учебное пособие / А. М. Верховлюк, Г. А. Верховлюк – Москва ;
Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 216 с.
ISBN 978-5-9729-0568-3

Рассмотрено строение металлической жидкости и представлены ее модели. Освещены вопросы термодинамики, адсорбции и электрохимических реакций. Приведены основы статистической механики и термодинамики.

Для аспирантов и преподавателей. Может быть полезно специалистам в области металлургии.

УДК 669.01:544
ББК 34.3:24.5

ISBN 978-5-9729-0568-3

© Верховлюк А. М., Верховлюк Г. А., 2021

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление.....	7
Глава 1. Строение металлической жидкости и некоторые ее модели.....	8
Глава 2. Термодинамика.....	16
2.1. Первый закон термодинамики.....	16
2.2. Тепловой эффект химической реакции.....	19
2.3. Энергия химической реакции.....	21
2.4. Стандартная энергия реакции (энергия Гиббса). Константа равновесия.....	23
2.5. Второй закон термодинамики. Энтропия. Изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах.....	24
2.6. Уравнение Гиббса – Гельмгольца.....	27
2.7. Гельмгольцова энергия. Максимальная работа изотермического процесса.....	31
2.8. Энергия Гиббса. Максимальная работа изотермического процесса.....	32
2.9. Химические потенциалы в идеальных системах.....	34
2.10. Равновесие в идеальных газовых смесях и идеальных растворах.....	37
2.11. Константа равновесия смеси идеальных газов.....	39
2.12. Равновесие с участием газовых смесей или жидких растворов и чистых твердых фаз.....	40
2.13. Уравнение Вант-Гоффа. Зависимость константы равновесия от давления и температуры.....	42
2.14. Третий закон термодинамики.....	43
2.15. Применение третьего закона термодинамики для расчета химического равновесия.....	45

Глава 3. Основы статистической механики

и термодинамики	48
3.1. Закон распределения Ферми – Дирака.....	48
3.2. Статистическая независимость.....	51
3.3. Фазовое пространство.....	53
3.4. Описание состояния механической системы с помощью обобщенных координат и импульсов.....	55
3.5. Уравнение движения в форме Гамильтона.....	59
3.6. Элемент объема фазового пространства по квантовой теории.....	62
3.7. Теорема Лаувиля.....	65
3.8. Роль энергии в статистической системе. Микросостояния и макросостояния.....	67
3.9. Энтропия.....	69
3.10. Распределение Гиббса.....	73
3.11. Свободная энергия и распределение Гиббса.....	76
3.12. Распределение Ферми.....	79
3.13. Распределение Бозе.....	81
3.14. Выражение термодинамических функций через статистическую сумму.....	82
3.15. Одноатомный идеальный газ. Статсуммы.....	85
3.16. Многоатомный газ.....	89
3.17. Двухатомные молекулы, колебания.....	92
3.18. Стандартные термодинамические функции и стандартная статистическая сумма.....	94
Глава 4. Растворы	99
4.1. Законы Рауля и Генри.....	99
4.2. Активность. Коэффициент активности.....	102

4.3. Правило фаз Гиббса. Характеристика диаграмм состояния.....	107
4.4. Скорость химической реакции. Закон действующих масс.....	113
4.5. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.....	115
4.6. Предэкспоненциальный множитель.....	118
4.7. Обратимые реакции.....	121
4.8. Каталитические реакции.....	124
4.9. Адиабатические и неадиабатические реакции. Трансмиссионный коэффициент.....	126
4.10. Метод активированного комплекса. Выражение константы скорости через статистические суммы.....	130
4.11. Энергия активации. Энтальпия и энтропия активации.....	133
4.12. Скорости бимолекулярных реакций по методу активированного комплекса.....	135
4.13. Число столкновений молекул. Стерический фактор.....	138
4.14. Мономолекулярные реакции.....	140
4.15. Предэкспоненциальный множитель газовых мономолекулярных реакций.....	143
4.16. Сложные реакции.....	145
4.17. Длина свободного пробега.....	148
4.17.1. Вязкость газов.....	150
4.17.2. Теплопроводность.....	151
4.17.3. Теплоемкость единицы объема.....	151
4.17.4. Диффузия.....	152
4.18. Броуновское движение, его связь с диффузией.....	153
4.19. Диффузионная кинетика.....	156
4.20. Диффузия в порах, объемная и кнудсеновская.....	160

Глава 5. Адсорбция	163
5.1. Адсорбционная формула Гиббса.....	166
5.2. Теплота адсорбции.....	169
5.3. Изотерма БЭТ.....	173
Глава 6. Электрохимические реакции. Емкость двойного электрического слоя	176
6.1. Термодинамика гальванического элемента.....	179
6.2. Перенапряжение. Уравнение Тафеля.....	182
6.3. Электрокапиллярность. Формула Липмана.....	186
6.4. Электролиз. Поляризация.....	190
6.5. Концентрационная поляризация.....	191
6.6. Законы электролиза Фарадея.....	194
6.7. Электрическая проводимость растворов электролитов.....	195
6.8. Электродные потенциалы. Формула Нернста.....	197
6.9. Электрохимические потенциалы.....	200
6.10. Диффузионные потенциалы.....	201
6.11. Коэффициент активности в растворах электролитов.....	204
6.12. Активность ионов в расплаве.....	206
6.13. Модель ионов в растворе. Модель Дебая – Хюккеля.....	207
Литература	211