

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Л.В. ШАШКОВА

# ВВЕДЕНИЕ В СИНЕРГЕТИКУ. ОТ КЛАССИЧЕСКОЙ (РАВНОВЕСНОЙ) К СОВРЕМЕННОЙ (НЕРАВНОВЕСНОЙ) ТЕРМОДИНАМИКЕ И СИНЕРГЕТИКЕ

Рекомендовано к изданию Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, аспирантов, сотрудников и преподавателей вузов, интересующихся неравновесной термодинамикой и синергетикой, а также для физиков, химиков, биологов и инженеров.

Оренбург 2006

УДК 536 (075.8)

ББК 22.317я73

Ш 32

Рецензенты

доктор физ.-мат. наук, проф. Манаков Н.А., к.т.н., доцент Шашкова В.К.

**Шашкова Л.В.**  
**Ш 32 Введение в синергетику. От классической (равновесной) к современной (неравновесной) термодинамике и синергетике: учебное пособие/Л.В.Шашкова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 146 с.**  
 ISBN

Учебное пособие включает в себя обобщенный теоретический материал: от термодинамических начал до современного состояния термодинамики. При этом в рассмотрение включаются три состояния систем: равновесное, линейная область вблизи равновесия и состояние, далекое от равновесия.

Учебное пособие преследует главным образом педагогические цели, поэтому каждая глава сопровождается контрольными вопросами для самоподготовки. Тематика книги относится к фундаментальным разделам естествознания.

Учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов, сотрудников и преподавателей вузов, интересующихся неравновесной термодинамикой и синергетикой, а также для физиков, химиков, биологов и инженеров.

Ш 1604030000

ISBN

©Шашкова Л.В., 2006

©ГОУ ОГУ, 2006

# Содержание

Введение.....	8
1 Классическая (равновесная) термодинамика .....	13
1.1 Основные понятия и определения классической (равновесной) термодинамики.....	13
1.1.1 Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Термодинамические параметры. Состояния термодинамической системы.....	13
1.1.2 Уравнения состояния. Функции состояния. Равновесные и неравновесные состояния термодинамической системы.....	17
1.2 Законы (начала) классической термодинамики.....	22
1.2.1 Термодинамическое равновесие. Температура. Температура как функция состояния (нулевое начало). .....	22
1.2.2 Внутренняя энергия. Работа. Теплота. Первое начало термодинамики.....	25
1.2.3 Свободная энергия. Энтропия. Второе начало термодинамики. ....	34
1.2.4 Статистическая интерпретация второго закона термодинамики.....	44
1.2.5 Тепловая теорема Нернста (третье начало). ....	49
2 Линейная неравновесная термодинамика.....	52
2.1 Основные понятия и определения линейной неравновесной термодинамики.....	52
2.1.1 Обобщенные силы и координаты. Потоки и термодинамические силы. Термодинамические уравнения движения. ....	52
2.1.2 Тензорные процессы. Принцип симметрии Кюри.....	55
2.2 Стационарные неравновесные состояния.....	58
2.3 Принципы линейной неравновесной термодинамики.....	64
2.3.1 Соотношения взаимности Онсагера (принцип симметрии кинетических коэффициентов). Классификация стационарных состояний.....	64
2.3.2 Принцип минимального производства энтропии.....	69
2.3.3 Принцип текущего и локального равновесия.....	71
2.3.4 Устойчивость стационарных состояний. Принцип Ле Шателье—Брауна, (принцип наименьшего принуждения) .....	74
3 Нелинейная термодинамика и синергетика.....	78
3.1 Основные понятия и определения нелинейной термодинамики и синергетики.....	78
3.1.1 Парадигма современного мира.....	79
3.1.2 Аттракторы .....	83
3.1.3 Кинетические фазовые переходы и бифуркации.....	88
3.1.4 Флуктуации.....	93
3.2 Основные принципы нелинейной неравновесной термодинамики и синергетики.....	97
3.2.1 Принцип подчинения.....	97
3.2.2 Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа - Пригожина. ....	102
3.2.3 Принцип «неравновесность — источник упорядоченности».....	104
3.3 Самоорганизация диссипативных структур в неравновесных системах .....	106
3.3.1 Основные свойства самоорганизующихся диссипативных структур .....	106
3.3.2 Модели поведения активных сред. Автоволновые и диссипативные стационарные структуры.....	108
3.4 Примеры самоорганизации диссипативных структур в физике.....	113
3.4.1 Переход ламинарного течения в турбулентное, бифуркации Ландау - Хопфа, странный аттрактор Лоренца. ....	113
3.4.2 Ячейки Бенара, модель самоорганизации биосферы .....	117
3.5 Периодические процессы в неравновесных системах.....	124
3.5.1 Модель «хищник — жертва» как пример периодических процессов в экологии .....	124
3.5.2 Химические часы (реакция Белоусова - Жаботинского). ....	127
3.5.3 Примеры самоорганизации диссипативных структур в биологии.....	129
3.6 Самоорганизации диссипативных структур в материаловедении.....	134
3.6.1 От дислокационного к фрактальному материаловедению.....	135

3.6.2 Экстремальные технологии и новые материалы. ....	138
3.6.3 Получение пленок и слоистых покрытий в неравновесных условиях.....	141
3.6.4 Самоорганизация диссипативных структур при пластической деформации и разрушении.....	144
3.7 Заключение.....	149
Список использованных источников:.....	154