530.8(049.3)

# ДИНАМИКА СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Dynamics of Synergetic Systems: Proceedings of the International Symposium on Synergetics. Bielefeld, Fed. Rep. of Germany, September 24—29, 1979.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1980.— 271 p.

Издательство Ю. Шпрингера выпустило новый сборник статей по синергетике. Основой для этого сборника послужили статьи и доклады, которые были представлены на международном симпозиуме по синергетике, проходившем в центре междисциплинарных исследований в г. Билефельде (ФРГ) с 24 по 29 сентября 1979 г. Этот сборник является уже шестой книгой по синергетике, которую выпустило издательство Шпрингера в последние годы.

Синергетика является новым, еще только формирующимся научным направлением, которое исследует поведение различных динамических систем, находящихся в существенно неравновесных условиях. В ряде неравновесных систем при определенных условиях, благодаря проявлению различного рода нелинейных эффектов, возникают удивительные долгоживущие состояния, которые характеризуются определенной степенью самоорганизации. Эффекты самоорганизации в таких системах приводят к тому, что в них могут возникать пространственные и временные структурные образования. Такие системы экспериментально обнаружены в различных областях физики. Например, в астрофизике наблюдаются структуры в виде спиральных галактик, в динамике жидкостей известно образование ячеек Бенара и Тейлора, в физике твердого тела — когерентное излучение лазера и т. д.

Настоящий сборник состоит из девяти частей, каждая из которых посвящена отдельной области синергетики. Сюда входят разделы, посвященные анализу равновесных и неравновесных фазовых переходов, исследованию процессов образования турбулентности и хаоса в динамических системах, изучению процессов самоорганизации в химических и в биологических системах. Здесь же обсуждаются некоторые математические модели поведения отдельных физиологических и социальных систем. В этой книге развиваются методы исследования многопараметрических систем. Значительное внимание в сборнике уделяется рассмотрению общих математических концепций и методов, позволяющих анализировать самоорганизационное поведение неравновесных систем.

Сборник начинается с вводной обзорной статьи одного из основных популяризаторов синергетики Х. Хакена, в которой он формулирует основные положения синергетики и указывает на те явления и эффекты, которые пытается исследовать синергетика.

Второй раздел этой книги посвящен равновесным фазовым переходам. В первой обзорной статье этого раздела Х. Стенли и др. анализируют современное состояние исследований по физике фазовых переходов и критических явлений. Здесь приводятся интересные примеры различных фазовых переходов и указываются те проблемы в критических явлениях, которые требуют своего решения.

В другой статье Д. Миллер и др. обращают внимание на интересные особенности бозе-конденсации релятивистских частиц. Известно, что идеальный бозе-газ представляет достаточно простую модельную систему коллективного поведения частиц. В этой статье предлагается более общая модель конденсации бозе-газа, которая включает рассмотрение релятивистских эффектов в произвольном пространстве $d$-измерений.

В разделе, посвященном неравновесным фазовым переходам, в статье Р. Бэсингера и др. рассматриваются особенности коллективных явлений в разерах (от *англ.*— radiofrequency amplification by stimulated emission of radiation). Здесь прослеживается динамическое поведение спиновых систем в твердом теле, начиная с анализа безызлучательных состояний вплоть до исследования состояний, в которых возникает когерентное излучение. Здесь же с помощью введения определенных параметров упорядочения в системе ядерных спинов предлагается исследовать фазовые переходы и анализировать появление когерентного излучения.

В другой статье этого раздела Х. Хауг и С. Коч рассматривают неравновесные фазовые переходы в сильно возбужденных полупроводниках. Подобные фазовые переходы возникают в условиях, когда частота падающего лазерного излучения на полупроводник достаточно высока и электроны в нем из валентной зоны переходят в зону проводимости, образуя возбуждения в виде электрон-дырочных пар. Рассмотрение кинетики образования электрон-дырочных пар в полупроводниках аналогично рассмотрению кинетики фазового перехода первого рода — конденсации газ — жидкость. Анализу кинетики образования и развития электронных возбуждений в полупроводниках и посвящена эта статья.

В следующей статье В. Хорстемк указывает на важную роль внешних воздействий (шума), действующих на макроскопическую систему. Подобные внешние возбуждения могут вызывать новые фазовые переходы в таких системах, которые невозможно

получить в рамках обычного феноменологического описания. Самоорганизационные процессы в таких нелинейных системах могут проявляться как некоторые отклики на случайные внешние воздействия. В этой статье представлены экспериментальные доказательства существования таких фазовых переходов.

Отдельный раздел в этом сборнике посвящен пространственно-временны́м процессам самоорганизации в химических реакциях. В статье М. Смоеса рассматриваются химические волны в осциллирующей системе Жаботинского и исследуется переход от временно́й к пространственно-временно́й самоорганизации такой системы. Эта статья снабжена интересным экспериментальным материалом, и в ней представлены некоторые численные расчеты различных нелинейных систем уравнений химической кинетики, учитывающей диффузионную подвижность компонент.

С состоянием современных математических моделей, используемых в химической кинетике, знакомит читателей статья Л. Арнольда. В ней изложены основные математические модели, используемые в химической кинетике, и указаны их области применимости.

Одна из статей этого раздела посвящена исследованию критических свойств неравновесных фазовых переходов, в которых имеет место диффузия компонент и происходят различные реакции. В этой статье А. Нитзан развивает общие методы изучения критических свойств нелинейных диффузионно-реагирующих систем.

Пятый раздел этого сборника посвящен рассмотрению турбулентности и образованию хаотического движения в динамических системах.

Статья Ю. Курамото знакомит читателей с химической турбулентностью, вызванной диффузионными процессами. В этой статье проводится общее теоретическое рассмотрение распространения химических волн в таких системах. Здесь же указаны возможные неустойчивости, которые могут возникать в волнах концентраций реагирующих компонент и приводить к образованию хаоса в этих системах.

В следующей статье, посвященной хаосу и турбулентности, О. Реслер на простейших модельных системах рассматривает особый класс турбулентных систем, с помощью которых может быть легко продемонстрировано образование хаоса высокого порядка.

В отдельном разделе этого сборника обсуждаются некоторые процессы самоорганизации в биологических системах. Так, в статьях Р. Шустера и К. Зигмунда обсуждаются интересные математические модели процессов самоорганизации в биологических макромолекулах и в живой природе. Здесь предлагаются математические модели процесса самовозобновляемости (гиперциклов) биологической природы и рассматривается концепция эволюционарной устойчивой стратегии (evolutionary stable strategies), введенной Майнардем-Смитчем для объяснения развития генетически определенного социального поведения внутри отдельного биологического вида.

В седьмом разделе анализируется динамика систем, состоящих из множества элементов. Так, в статье А. Баблоянтца рассматриваются самоорганизационные явления в таких системах. Здесь исследуются общие закономерности появления временны́х упорядоченных осцилляций в связных размножающихся многокомпонентных системах. В этом же разделе с интересными свойствами образования синхронизированных и дифференциальных мод в динамике ячеек знакомит статья Х. Отмера. В ней анализируются условия, при которых некоторые состояния ячеек системы релаксируют к определенным мгновенным состояниям в системе, независимо от того, образуются ли в этих системах пространственные или временны́е упорядоченные структуры. Здесь же исследуются условия, при которых синхронизованная система сохраняет свои синхронизационные свойства в присутствии малых возмущений.

В отдельном разделе этого сборника представлены статьи, в которых авторы с помощью построения некоторых математических моделей пытаются исследовать динамику поведения физиологических и социальных систем. Этим вопросам посвящены статьи И. Николиса, В. Вейдлиха и Г. Хаага.

Девятый раздел этого сборника знакомит читателей с общими математическими концепциями и методами исследования нелинейных самоорганизующихся систем. Так, в статье Т. Постон обращается внимание на некоторые методы исследования появления структурных неустойчивостей при моделировании различных систем. В другой статье И. Турнер анализирует общие свойства стационарных и зависящих от времени решений основного кинетического уравнения, описывающего процессы распада и образования кластеров в различных многокомпонентных системах. В последней статье этого раздела Ц. Гардинер указывает на возможность исследования свойств основного кинетического уравнения с помощью использования представления Пуассона.

Проблемы, затронутые в этом сборнике, представляют в настоящее время большой интерес в связи с исследованием общих свойств нелинейных систем в самых различных областях физики. Большинство статей этого сборника, несомненно, заинтересует широкий круг физиков, которые занимаются исследованием поведения нелинейных систем.

*А. И. Рязанов*