

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(24 — 25 февраля 1982 г.)

24 и 25 февраля 1982 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*24 февраля*

1. В. И. Таланов. Стимулированная диффузия и кооперативное поведение компонент в распределенных кинетических системах.

2. Г. А. Смоленский, Е. И. Головенчик, В. А. Санина. Фазовый магнитный переход, индуцированный мощной оптической накачкой.

1. В. Л. Гуревич. Диелектрическая релаксация и термоизоляционный эффект в кристаллах.

*25 февраля*

4. И. М. Дремлюх. Об адронных аналогах черенковского, переходного и тормозного излучения.

5. Л. А. Халфин. Нестабильность протона и неэкспоненциальность закона распада.

Краткое содержание докладов публикуется ниже.

532.72(048)

**В. И. Таланов.** Стимулированная диффузия и кооперативное поведение компонент в распределенных кинетических системах. Обсуждаются некоторые дополнительные возможности феноменологического описания кооперативных эффектов в нелинейных распределенных системах с диффузией<sup>1</sup>. Кооперативные свойства таких систем могут быть проанализированы на основе простых, но достаточно универсальных математических моделей. Наглядное представление о принципах построения таких моделей дает теоретическая биология в части исследования кинетики физико-химических и социально-биологических процессов на разных уровнях жизни<sup>2-4</sup>.

Базовую математическую модель распределенных кинетических систем составляют эволюционные уравнения параболического типа<sup>2</sup>

$$\frac{\partial m_i}{\partial t} = F_i(m_1, m_2, \dots, m_n, r, t) + \operatorname{div} \sum_{j=1}^n D_{ij} \nabla m_j, \quad (1)$$

где  $D_{ij}$  — коэффициенты линейной (собственной и взаимной) диффузии компонент. Функции  $F_i$ , описывающие локальные превращения компонент, обычно строятся по типу, характерному для кинетики химических реакций.

Уравнения (1) не учитывают эффектов пространственного взаимодействия элементов системы. В случае неравновесных систем при учете такого взаимодействия

наряду с линейными  $J_i^L = - \sum_{j=1}^n D_{ij} \nabla m_j$  возникают и нелинейные потоки компонент.

При парном взаимодействии элементов и радиусе взаимодействия, много меньшем характерного масштаба изменения концентраций компонент, эти потоки могут быть представлены в виде

$$J_i^{NL} = \sum_{k,j} \chi_{ijk} m_k \nabla m_j, \quad (2)$$

или более частном варианте:

$$J_i^{NL} = m_i \sum_j S_{ij} \nabla m_j. \quad (2')$$

При этом уравнения (1) заменяются более общей системой:

$$\frac{\partial m_i}{\partial t} = F_i(m_i, \dots, m_n, \mathbf{r}, t) + \operatorname{div} \sum_{j=1} D_{ij} \nabla m_j - \operatorname{div} m_i \sum_{j=1} S_{ij} \nabla m_j. \quad (3)$$

Линейные процессы переноса, описываемые вторым слагаемым в правой части (3) и обязанные «броуновскому» движению элементов под действием случайных толчков основной «среды», можно назвать спонтанной диффузией. Нелинейной диффузии, представленной в (3) последним слагаемым и обусловленной регулярным взаимодействием элементов, можно приписать смысл стимулированной, или вынужденной, так как соответствующий нелинейный поток (2') пропорционален, помимо градиентов, и собственно концентрациям компонент. В отсутствие внешних воздействий спонтанная диффузия стремится вернуть систему к однородному состоянию, стимулированная, напротив, нарушает это состояние. В физических системах коэффициенты стимулированной диффузии  $S_{ij}$  могут быть определены из энергии взаимодействия элементов, в «нефизических» (например, в экологии) — выбором этих коэффициентов можно отразить характер пространственного взаимодействия элементов, если только оно распространяется на масштабы, много меньшие характерных масштабов изменения концентрации компонент. Это существенно расширяет возможности уравнений (3) по сравнению с системой (1).

Стимулированная диффузия даже в простейшем варианте (2а) вносит в поведение системы принципиально новые элементы. Например, в двухкомпонентной системе с взаимной нелинейной диффузией ( $S_{12} \neq 0$ ,  $S_{21} \neq 0$ ) в отсутствие локального взаимодействия ( $F_i = 0$ ) оказываются возможными режимы согласованного поведения, нарушающего исходную однородную структуру: при  $S_{12} > 0$ ,  $S_{21} > 0$  возникает пространственная кооперация компонент, а при  $S_{12} < 0$ ,  $S_{21} < 0$  их дифференциация, причем линейная диффузия придает этому процессу характер фазового перехода, возникающего при превышении определенного уровня концентрации компонент. Примерами кооперативных пар могут служить: в физике — излучение и вещество, в экологии — сопутствующие друг другу виды в популяциях, в экономике — ресурсы и продукты производства и т. п. Для многокомпонентных систем в принципе можно построить схемы последовательной или разветвленно-последовательной стимуляции компонент, в которых дифференциация (кооперация) будет захватывать все новые компоненты по мере их роста. Представления о стимулированной диффузии оказываются полезными, например, при создании математических моделей таких биологических явлений как хемотаксис и фототаксис. С точки зрения термодинамики стимулированная диффузия приводит к понижению конфигурационной энтропии при одновременном уменьшении свободной энергии системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Таланов В. И. — ДАН СССР, 1981, т. 258, с. 604.
2. Васильев В. А., Романовский Ю. М., Яхно В. Г. — УФН, 1979, т. 128, с. 625.
3. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980.
4. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. — М.: Мир, 1979.