

## **Основы теории самоорганизации. Основные принципы и модели.**

### **Foundations of the theory of self-organization. Basic principles and models**

Лектор – ведущий научный сотрудник химического факультета МГУ кандидат физико-математических наук И.К. Кудрявцев.

#### **Темы лекций**

1. Исторические замечания. И.Р. Пригожин и теория диссипативных структур. Иллюстрация основных понятий теории (устойчивое и неустойчивое равновесие, диссипация, аттрактор, область притяжения аттрактора, бифуркация и т.д.) на простых примерах из механики. Наиболее известные примеры самоорганизации – ячейки Бенара, лазер, реакция Белоусова-Жаботинского, их качественное описание.
2. Изложение основ термодинамики. Экстенсивные и интенсивные термодинамические переменные, функции состояния. Стандартная классификация систем (изолированные, замкнутые, открытые). Первое и второе начала термодинамики. Энтропия и степень упорядоченности системы. Равновесное и неравновесное состояния. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические потенциалы.
3. Неравновесное стационарное состояние. Неравновесная термодинамика. Основы химической термодинамики. Кинетические уравнения. Системы с одной степенью свободы. Кинетика мономолекулярной реакции. Контрольный (управляющий) параметр.
4. Автокаталитическая реакция. Нелинейные кинетические уравнения. Теория устойчивости состояний по Ляпунову. Автокаталитическая реакция в изолированной и открытой системах. 1-ая модель Шлегля (модель динамики численности популяции). Бифуркация. Диссипативные структуры.
5. 2-ая модель Шлегля (пример системы со множественными стационарными состояниями). Гистерезис. Системы с двумя степенями свободы. Фазовая плоскость. Классификация особых точек. Предельный цикл. Модель Лотка-Вольтерра (модель хищник-жертва) – пример простейшего колебательного режима.
6. Брюсселятор (тримолекулярная модель) – простейшая химическая модель, обладающая устойчивым колебательным режимом. Необходимость кубической нелинейности для возникновения предельного цикла. Пространственные структуры. Диффузия. Реакционно-диффузионные системы. Орегонатор.
7. Модель Тьюринга. Условия возникновения колебательных и пространственных структур в реакционно-диффузионных системах. Бифуркация Хопфа. Неустойчивость Тьюринга. Брюсселятор с включенной диффузией.
8. Пространственно-временные структуры, существующие в природе Неживая природа (сталактиты и сталагмиты, дендриты и т.д.). Живая природа (остогенезис, рисунки шкур животных, отпечатки пальцев, гомеостаз и т.д.). Искусственные структуры (структуры Тьюринга, упорядоченные микролинзы и т.д.).
9. Последовательность бифуркаций. Горизонт событий. Переход к хаотическому режиму. Конкуренция параметров порядка. Детерминированный хаос. Фракталы.

10. Получение структур, отличных от получаемых в равновесных условиях. Метастабильные состояния. Нанотехнологии. Bottom-up и bottom-down подходы. Изменение свойств материалов при переходе от макро- к нано-уровню. Квантовый размерный эффект. Самосборка.
11. Хронобиология. Индивидуальное время человека. Биоритмы человека. Хронофармакология и хронотерапия.
12. Прогнозируемость поведения больших групп людей. Закон больших чисел. Различие между индивидуальным и коллективным поведением. Примеры коррелированного поведения. Модель Менша.

### **Вопросы к зачету по курсу**

1. Качественное описание процессов, происходящих в ячейках Бенара.
2. Качественное описание процессов, происходящих в лазере.
3. Качественное описание процессов, происходящих в реакции Белоусова-Жаботинского.
4. Интенсивные и экстенсивные термодинамические переменные и их качественное различие.
5. Изолированные, замкнутые и открытые системы.
6. Первое начало термодинамики. Теплота и работа.
7. Энтропия, ее связь со степенью упорядоченности системы.
8. Второе начало термодинамики. Стрела времени.
9. Равновесное и неравновесное состояния. Обратимые и необратимые процессы.
10. Термодинамические потенциалы.
11. Состояние термодинамического равновесия и неравновесное стационарное состояние.
12. Системы с одной степенью свободы. Мономолекулярная реакция. Возможно ли возникновение структурированного состояния?
13. Каковы необходимые условия возникновения диссипативных структур?
14. Кинетика автокаталитической реакции.
15. Динамика численности популяции. 1-ая модель Шлегля.
16. Бифуркации и возникновение диссипативных структур.
17. Множественные стационарные состояния. Бистабильность.
18. 2-ая модель Шлегля и гистерезис.
19. Система с двумя степенями свободы. Фазовая плоскость и особые точки.
20. Аттрактор. Область притяжения аттрактора.
21. Устойчивость состояний. Теория устойчивости по Ляпунову.
21. Модель Лотка-Вольтерра. Являются ли колебания, существующие в системе, независимыми от начальных условий?
22. Центр и предельный цикл. В чем разница между соответствующими колебательными режимами?
23. Брюсселятор. Необходимость тримолекулярной реакции.
24. Реакция Белоусова-Жаботинского и Oregonator.
25. К каким изменениям с точки зрения возникающих структур приводит учет диффузии?
26. Реакционно-диффузионные системы. Классификация возникающих структур.
27. Модель Тьюринга. Неустойчивость Тьюринга.

28. Состояния, возникающие в системе, описываемой брюсселятором, при учете диффузии.
29. Структуры, возникающие в неживой природе.
30. Структуры, возникающие в живой природе. Гомеостаз.
31. Горизонт событий. Множественные бифуркации. Переход к хаотическому режиму.
32. Основные особенности хаотических режимов. Детерминированный хаос.
33. Фракталы. Дробная размерность.
34. Метастабильные состояния. Способы получения новых материалов.
35. Наносостояния. Основные особенности и закономерности. Нанотехнологии.
36. Самоорганизация и самосборка.
37. Хронобиология. Индивидуальное биологическое время человека.
38. Закон больших чисел. Коррелированное и некоррелированное поведение групп людей.
39. Хронофармокология и хронотерапия.
40. Проблемы оптимального производства. Модель Менша.