Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

Методические указания к семинарским занятиям

Красноярск

СФУ

2011

Составитель: Свидерская И.В.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом и программой по дисциплине «Биофизика сложных систем». Пособие содержит тематический план занятий, представлены источники основной и дополнительной литературы в соответствии с темами занятий. В пособие даны рекомендации для подготовки к семинарам, промежуточному и итоговому контролю.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 020400.68 «Биология», магистерская программа 020400.68.03 «Биофизика».

**1 Цели и задачи изучения дисциплины**

Данная учебная дисциплина основана на методах и результатах исследований последних десятилетий в области физики неравновесных состояний и теории динамических систем, которые оформились в отельное направление науки, сложные системы, независимо от их природы (физическая, биологическая, социальная и т.д.). С классической точки зрения существовало резкое различие между стохастическим (случайным) и детерминированным поведением. Исследования сложных систем показывают, что в действительности существуют промежуточные формы поведения, которые связаны с особыми решениями простых детерминистских уравнений. Поэтому особое внимание отводится изучению хаотической динамики, как естественной тенденции широкого класса систем к переходу в состояния, которые обладают свойствами, как детерминистского поведения, так и непредсказуемости. Изучение дисциплины «Биофизика сложных систем» включает рассмотрение применений разработанных методов к анализу поведения систем в биологии, экологии, климатологии, химии.

Дисциплина «Биофизика сложных систем» имеет своей целью сформировать научное мировоззрение, расширить и углубить знания студентов по вопросам фундаментальных свойств динамики систем и дать инструмент для изучения сложного поведения систем вне зависимости от их природы.

Задачи изучения дисциплины заключаются в освоении основных закономерностей и механизмов поведения сложных систем разной природы, поскольку они лежат в основе многих явлений окружающего нас мира. Изучение дисциплины направлено на подготовку выпускника в области основ естественнонаучных знаний, получение высшего углубленного профессионального образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать следующими предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда.

**2 Объем дисциплины и виды учебной работы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего  зачетных единиц  (часов) | Семестр |
| 10 |
| **Общая трудоемкость дисциплины** | **3 (108)** | **3 (108)** |
| **Аудиторные занятия:** | **0,83 (30)** | **0,83 (30)** |
| лекции | 0,27 (10) | 0,27 (10) |
| практические занятия (ПЗ) | 0,55 (20) | 0,55 (20) |
| **Самостоятельная работа:** | **1,16 (42)** | **1,16 (42)** |
| изучение теоретического курса (ТО) | 0,55 (20) | 0,55 (20) |
| реферат | 0,61 (22) | 0,61 (22) |
| **Вид промежуточного контроля (экзамен)** | **экзамен**  **1 (36)** | **экзамен 1 (36)** |

**3 Содержание дисциплины**

*3.1 Содержание разделов и тем лекционного курса*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | № раздела  дисциплины | Темы лекционного курса |
| **1** | **2** | **3** |
| 1 | **Модуль 1. Введение в биофизику сложных систем** | ***Тема 1.1*** Консервативные системы. Определение. Законы сохранения. Обратимость времени в консервативных системах. Примеры консервативных сеханических и немеханических консервативных систем. Задача трех тел.  ***Тема 1.2*** Диссипативные системы. Необратимость и диссипация в физике. Необратимость и диссипация в химических и биологических системах. Макроскопическое описание диссипативных систем. Химическая реакция синтеза как пример диссипативной системы. Уравнения Фика и Фурье. Четные и нечетные переменные. Общее уравнение эволюции диссипативной системы. Представление диссипативной системы в фазовом пространстве. |
| 2 | **Модуль 2. Сложные системы в природе** | ***Тема 2.1*** Определение и характерные признаки сложных систем.  ***Тема 2.2*** Самоорганизация в физико-химических системах. Тепловая конвекция. Реакция Белоусова-Жаботинского. |
| **3** | **Модуль 3. Динамические системы** | ***Тема 3.1*** Определение динамических систем. Классификация динамических систем.  ***Тема 3.2*** Описание динамических систем. Фазовое пространство. Фазовые траектории. Меры в фазовом пространстве. Размерность системы, размерность фазового пространства, размерность вложения. |
| 4 | **Модуль 4.**  **Детерминированный хаос.** | ***Тема 4.1*** Типы решений систем интегрируемых систем. Предельные циклы и регулярные аттракторы***.***  ***Тема 4.2*** Переходные процессы. Странные (хаотические) аттракторы динамических систем.  ***Тема 4.***3Детерминированность, случайность, хаос. Детерминированный хаос.  ***Тема 4.4*** Устойчивость и неустойчивость. Нелинейность. Неустойчивость и нелинейные ограничения. Вероятностные свойства детерминированных систем. |
| 5 | **Модуль 5.**  **Реконструкция динамических систем.** | ***Тема 5.1.*** Определение размерности вложения и реконструкция. Теорема Такенса. |
| 6 | **Модуль 6.**  **Детерминированный хаос в биологических системах.** | ***Тема 6.***1 Количественные характеристики хаотических сигналов в биосистемах. Динамические болезни. |

*3.2 Практические занятия*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | № раздела  дисциплины | Наименование практических занятий,  объем в часах |
| **1** | **2** | **3** |
| 1 | **Модуль 1. Введение в биофизику сложных систем** | ***Тема 1.5*** Второй закон термодинамики для открытых систем. Необратимость.  ***Тема 1.6*** Устойчивость и неустойчивость. Бифуркация и нарушения симметрии.  ***Тема 1.7*** Упорядоченность и корреляции.  *(аудиторные часы - 0,11 (4 ч))* |
| 2 | **Модуль 2. Сложные системы в природе** | ***Тема 2.4.*** Самоорганизация и сложность в биологических системах.  ***Тема 2.5*** Сложность в планетарном и космическом масштабах.  *(аудиторные часы - 0,11 (4 ч))* |
| **3** | **Модуль 3. Динамические системы** | ***Тема 3.4*** Аттракторы динамических систем. Периодические аттракторы. Квазипериодические аттракторы. Непериодические аттракторы.  ***Тема 3.5.*** Диссипативные системы в многомерных фазовых пространствах. Хаос и странные аттракторы. Модели странных аттракторов.  *(аудиторные часы - 0,075 (3 ч))* |
| 4 | **Модуль 4.**  **Детерминированный хаос.** | ***Тема 4.3*** Детерминированность, случайность, хаос. Детерминированный хаос.  ***Тема 4.4*** Устойчивость и неустойчивость. Нелинейность. Неустойчивость и нелинейные ограничения. Вероятностные свойства детерминированных систем.  *(аудиторные часы - 0,075 (3 ч))* |
| 5 | **Модуль 5.**  **Реконструкция динамических систем.** | ***Тема 5.2*** Определение размерности аттрактора по временной последовательности. Корреляционный интеграл и корреляционная размерность.  *(аудиторные часы - 0,075 (3 ч))* |
| 6 | **Модуль 6.**  **Детерминированный хаос в биологических системах.** | ***Тема 6.***2 Моделирование динамики сердечного ритма.  ***Тема 6.***3 Климатические аттракторы.  *(аудиторные часы - 0,075 (3 ч))* |

*3.3 Методические замечания к проведению семинарских занятий*

Семинарские занятия направлены на расширение и углубление понимания теоретических знаний и их практическое применение по курсу «Биофизика сложных систем». Особое внимание обращается на развитие у студентов умений и навыков самостоятельного и критического мышления, дискурсивных практик.

*Важными задачами семинарского занятия являются:*

* развитие способности к анализу и синтезу и формирование навыков контекстной обработки информации;
* проблематизация и актуализация изучаемого материала, а также умение обобщать на основе законспектированных научных текстов.

К интерактивным формам и приемам работы на семинаре можно отнести творческие минидискуссии, активный обмен мнениями по поставленным вопросам, обсуждение выступлений студентов, подготовку и демонстрацию презентаций с последующим их коллективным обсуждением. Участие в работе семинарского занятия позволяет обсудить в группе обозначенные заранее вопросы или самим участникам поставить перед аудиторией возникающие вопросы на обсуждение, оценить уровень и качество усвоения пройденной темы.

**4 Учебно-методические материалы по дисциплине**

***Основная литература***

1. Нелинейность в современном естествознании/ Рос. акад. наук, Ин-т прикладной математики им. М. В. Келдыша ; ред. Г. Г. Малинецкий. - М. : URSS, 2009. - 412 с. (1 экз.)
2. Гринченко, В.Т. Введение в нелинейную динамику: хаос и фракталы В.Т. Гринченко, В.Т. Мацыпура, А.А. Снарский. - Изд. 2-е . - Москва : УРСС(URSS); Издательство ЛКИ, 2007 . - 263 с. (1 экз.)
3. Квантовый хаос / ред. Я. Г. Синай ; науч. ред. А. И. Шафаревич. - М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований ; М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2008. - 382 с. (1 экз.)
4. [Заславский, Г. М](http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EBOOK&P21DBN=EBOOK&S21STN=1&S21REF=1&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=5&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%97%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9,%20%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B9%20%D0%9C%D0%BE%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87). Гамильтонов хаос и фрактальная динамика= Hamiltonian Chaos and Fractional Dynamics : монография / Г. М. Заславский. - М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2010. - 455 с. (1 экз.)
5. [Малинецкий, Г. Г](http://catalog.sfu-kras.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EBOOK&P21DBN=EBOOK&S21STN=1&S21REF=1&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=5&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86%D0%BA%D0%B8%D0%B9,%20%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B9%20%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87). Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент: монография / Г. Г. Малинецкий. - Изд. 5-е. - Москва : УРСС(URSS) ; Москва : Издательство ЛКИ, 2007. - 308 с. (2 экз.)

***Дополнительная литература***

1. Малинецкий, Г.Г. Нелинейная динамика и хаос: основные понятия [Текст] : [учебное пособие] / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов . - Москва : КомКнига, 2006 . - 237 с.
2. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой. Москва- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. 144 с.
3. Методы качественной теории в нелинейной динамике = Methods of Qualitative Theory in Nonlinear Dynamics / Л. П. Шильников [и др.] ; науч. ред. Д. В. Тураев, А. Л. Шильников ; пер. с англ. В. А. Осотовой. - М.; Ижевск : Институт компьютерных исследований : Регулярная и хаотическая динамика, 2004.
4. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Москва, Мир, 1990
5. Рюэль Д. Случайность и хаос. Москва-Ижевск, Регулярная и хаотическая динамика, 2002.
6. Шустер Х. Детерминированный хаос. Москва: Мир, 1990.
7. Федер, Енс. Фракталы [Текст] = Fractals : перевод с английского / Енс Федер . - Москва : Мир, 1991 . - 260 с.
8. 3. Астахов В. В., Вадивасова Т. Е. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах - Москва : Институт компьютерных исследований, 2003
9. 4. С. П. Кузнецов.  Динамический хаос: курс лекций : учебное пособие для вузов по физическим специальностям – Москва, 2006

**Электронные ресурсы**:

1. Данилов, Ю. А.     Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение [Электронный ресурс] : учебное пособие для физико-математических и физико-химических специальностей вузов / Ю. А. Данилов. - Изд. 2-е, испр. -Москва:КомКнига, 2008. - 203 с. http://lib2.sfu-kras.ru/elib/b22/0234139.pdf
2. Тимофеев-Ресовский Н. В. Генетика, эволюция, значение методологии в естествознании. – Электронные данные. – Токмас-Пресс, 2009. - 240 c. Режим доступа: http://lib2.sfu-kras.ru/elib/b28/0234127.pdf
3. Bionanotechnology: Global Prospects. Editor: D. E. Reisner, CRC Press, 2009, 345 pp. Режим доступа: <http://lib2.sfu-kras.ru/elib/b28/0234104.pdf>

**Информационные ресурсы:**

1. <http://chaos.utexas.edu/>
2. <http://www.chaos.gwdg.de/>
3. <http://www.creatingtechnology.org/papers/chaos.htm>
4. <http://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-006j-nonlinear-dynamics-i-chaos-fall-2006/>
5. [http://brain.cc.kogakuin.ac.jp/~kanamaru/Chaos/e/](http://brain.cc.kogakuin.ac.jp/%7Ekanamaru/Chaos/e/)
6. <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199830060/obo-9780199830060-0024.xml>
7. [www.physionet.org](http://www.physionet.org)
8. <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780198507239.001.0001/acprof-9780198507239>
9. <http://nd.ics.org.ru/>
10. <http://www.synergetic.ru/society/slozhnye-sistemy-i-nelineynaa-dinamika-v-prirode-i-obschestve.html>