

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Синхронизация в сложных системах Б1.В.ДВ.11

Направление подготовки: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки: Физика и информатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Демин С.А.

**Рецензент(ы):**

Нефедьев Л.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Мокшин А. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6153319

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Демин С.А. кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов научно-педагогическое отделение, Sergey.Demin@kpfu.ru

### **1. Цели освоения дисциплины**

Цели освоения дисциплины 'Синхронизация сложных систем' заключаются в следующем:

- знакомство с различными типами сложных систем, специфическими свойствами, особенностями и примерами сложных систем;
- знакомство с основными методами физики сложных систем;
- знакомство с основными направлениями анализа самоорганизации сложных систем, применением физики сложных систем к различным сферам человеческой деятельности;
- изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации сложных систем, исследование свойств самоорганизующихся систем, роли флуктуаций и корреляций в явлениях самоорганизации;
- исследование природы и специфических особенностей самоорганизующихся сложных систем живой природы, анализ, диагностика и прогнозирование различных заболеваний человека на основе методов физики сложных систем;
- исследование статистических и динамических особенностей сложных систем социальной природы;
- анализ астрофизических и геофизических данных с целью выявления закономерностей эволюции и природы различных астрофизических объектов, сильных и слабых землетрясений, техногенных взрывов;
- интенсификация междисциплинарных связей статистической физики, физики сложных систем и других естественных наук.

### **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.11 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 5 курсе, 9 семестр.

Учебная дисциплина по выбору 'Синхронизация сложных систем' предназначена для ознакомления студентов с новым междисциплинарным направлением - физикой сложных систем. Данная дисциплина направлена на изучение методов, разработанных в последние годы в области статистической физики, теории самоорганизации, динамического хаоса и нелинейной динамики, теории фракталов, теории катастроф. Учебная дисциплина связана с изучением природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации сложных систем.

Учебная дисциплина призвана расширить у студентов представления о современных методах исследования природы и эволюции сложных систем, находящих своё теоретическое и прикладное назначение, как в естественных, так и гуманитарных науках. Представления о перспективных методах анализа сложных систем, значительно расширяют физическое мировоззрение студентов и способствуют дальнейшему развитию их математической подготовки.

Дисциплина позволяет расширить базовые представления студентов, полученные в рамках учебных дисциплин теоретической и общей физики. Дисциплина направлена на интенсификацию междисциплинарных связей различных естественных наук, что отражается, к примеру, в различных прикладных аспектах физики сложных систем живой и неживой природы.

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность к самоорганизации и самообразованию
ПК-1 (профессиональные компетенции)	готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- историю и причины возникновения физики сложных систем, проблемы современного человечества, приводящие к возникновению физики сложных систем;
- основные понятия, положения и методы физики сложных систем, а также законы и принципы исследования природных явлений и процессов на основе теории самоорганизации сложных систем;
- возможности различных методов анализа экспериментальных временных серий сложных систем;
- статистические и динамические особенности дискретной временной эволюции сложных систем живой и неживой природы

2. должен уметь:

- находить особенности различных механизмов функционирования сложных систем живой и неживой природы;
- приводить примеры закрытых и открытых систем, выделять различные типы сложных систем, выделять различные направления исследования природы сложных систем;
- использовать различные методы анализа дискретных экспериментальных временных серий с целью выявления статистических и динамических особенностей сложных систем живой и неживой природы;
- выполнять построение вычислительных алгоритмов различных методов анализа экспериментальных временных серий в среде MATLAB;
- представлять результаты своих исследований в виде презентаций и сопутствующих наглядных материалов

3. должен владеть:

- навыками творческого обобщения полученных знаний;

- навыками конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной формах;

- навыками работы с имеющимися программными продуктами по обработке временных сигналов, генерируемых сложными системами.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 9 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Природа сложных систем.	9	1-4	4	12	0	Письменная работа
2.	Тема 2. Фрактальная геометрия природы.	9	5-8	4	14	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Нелинейная динамика.	9	9-12	6	16	0	Отчет
.	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	Экзамен
	Итого			14	42	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Природа сложных систем.

###### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Сложные системы. Свойства сложных систем. Примеры сложных систем. Классификация сложных систем.

###### *практическое занятие (12 часа(ов)):*

Физика сложных систем. Синергетика и сложные системы.

##### Тема 2. Фрактальная геометрия природы.

###### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Кибернетика и сложные системы. История фрактальной геометрии. Геометрические фракталы. Алгебраические фракталы. Стохастические фракталы и мультифракталы.

**практическое занятие (14 часа(ов)):**

Практические приложения теории фракталов. Фракталы в природе. Знакомство с методами анализа временных измерений. Методы фрактального и мультифрактального анализа.

**Тема 3. Нелинейная динамика.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Нелинейные, хаотические и стохастические системы. Динамические системы. Переход к хаотическому поведению в динамических системах. Динамический хаос.

**практическое занятие (16 часа(ов)):**

Аттрактор. Описание поведения динамических систем. Нелинейные методы анализа.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Природа сложных систем.	9	1-4	подготовка к письменной работе	4	Письменная работа
2.	Тема 2. Фрактальная геометрия природы.	9	5-8	подготовка к письменной работе	6	Письменная работа
3.	Тема 3. Нелинейная динамика.	9	9-12	подготовка к отчету	6	Отчет
	Итого				16	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины 'Синхронизация сложных систем' предполагает использование как традиционных (лекции, практические занятия с использованием методических материалов), так и новых образовательных технологий с применением в образовательном процессе интерактивных форм проведения занятий: выполнение ряда практических заданий с использованием профессиональных программных средств, а также мультимедийных программ, включающих подготовку домашних работ и выступления студентов с презентационными материалами по предложенной тематике.

Для успешного преподавания дисциплины 'Синхронизация сложных систем' необходимо использовать не только различные печатные издания (см. перечень основной и дополнительной литературы), но и возможности мультимедийных средств обучения. Так как предлагаемая дисциплина раскрывает основные понятия и положения нового междисциплинарного направления, в процессе преподавания необходимо активное использование различных современных информационных источников, к примеру, Веб-сайтов, электронных библиотек по физике сложных систем, теории фракталов и нелинейной динамике.

Реализация самостоятельной работы студентов должна осуществляться в виде знакомства с возможностями среды MATLAB, построения численных алгоритмов линейных и нелинейных методов анализа экспериментальных временных серий сложных систем.

Для эффективного усвоения учебного материала данной дисциплины студенту необходимо знать: основы математического анализа; аналитической геометрии и линейной алгебры; дифференциального и интегрального исчисления; дифференциальных уравнений; уравнений и методов математической физики; вероятности и статистики, теории вероятностей, случайных процессов, статистического оценивания и проверки гипотез; статистических методов обработки экспериментальных данных; а также курсов дисциплин общей экспериментальной и теоретической физики.

В дополнение к лекционному материалу студентам рекомендуется осваивать различные современные информационные источники, отражающие современное состояние физики сложных систем, теории фракталов, нелинейной динамики, к примеру, Веб - сайты, электронные библиотеки, Интернет - энциклопедии и словари и т.п.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Природа сложных систем.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Система. Подсистема, надсистема. Сложная система. Элементы сложной системы и связи между ними. Свойства и специфика сложных систем. Типы сложных систем. Классификация сложных систем. Примеры сложных систем. Особенности дискретной эволюции сложных систем различных типов. Дискретность в сложных системах. Нестационарность сложных систем. Эффекты памяти в сложных системах. Долговременные и кратковременные корреляции. Перспективные направления исследования сложных систем. Кибернетика и сложные системы. Синергетика и сложные системы. Физика сложных систем. Направления физики сложных систем. Физика сложных систем и транспортные потоки. Физика сложных систем и живые системы. Экономическая физика. Физика сложных систем и социальные сети. Анализ экспериментальных временных серий сложных систем. Информационная сущность хаотических сигналов. Статистические методы анализа временных сигналов сложных систем.

### **Тема 2. Фрактальная геометрия природы.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Фрактальная геометрия. История фрактальной геометрии. Геометрические фракталы. Фрактальная размерность. Алгебраические фракталы. Фрактальная размерность. Стохастические фракталы. Мультифракталы. Геометрическое описание мультифракталов. Фрактальная и корреляционная размерности. Практическое применение фракталов и фрактальной геометрии. Фракталы в природе.

### **Тема 3. Нелинейная динамика.**

Отчет , примерные вопросы:

Линейные и нелинейные системы. Стохастические и хаотические системы. Квазипериодичность. Детерминированность и хаос. Переход к хаотическому поведению в динамических системах. Простейшие примеры систем с хаотическим поведением. Динамический хаос. Основные элементы теории хаоса. Описание поведения динамических систем. Аттрактор. Методы описания эволюции динамических систем в нелинейной динамике.

### **Итоговая форма контроля**

экзамен (в 9 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Система. Подсистема, надсистема. Сложная система. Элементы сложной системы и связи между ними.
2. Свойства и специфика сложных систем. Типы сложных систем. Классификация сложных систем.

3. Примеры сложных систем. Особенности дискретной эволюции сложных систем различных типов.
4. Дискретность в сложных системах.
5. Нестационарность сложных систем.
6. Эффекты памяти в сложных системах. Долговременные и кратковременные корреляции.
7. Перспективные направления исследования сложных систем.
8. Кибернетика и сложные системы.
9. Синергетика и сложные системы.
10. Физика сложных систем. Направления физики сложных систем.
11. Физика сложных систем и транспортные потоки.
12. Физика сложных систем и живые системы.
13. Экономическая физика.
14. Физика сложных систем и социальные сети.
15. Анализ экспериментальных временных серий сложных систем. Информационная сущность хаотических сигналов.
16. Статистические методы анализа временных сигналов сложных систем.
17. Фрактальная геометрия. История фрактальной геометрии.
18. Геометрические фракталы. Фрактальная размерность.
19. Алгебраические фракталы. Фрактальная размерность.
20. Стохастические фракталы.
21. Мультифракталы. Геометрическое описание мультифракталов. Фрактальная и корреляционная размерности.
22. Практическое применение фракталов и фрактальной геометрии. Фракталы в природе.
23. Линейные и нелинейные системы. Стохастические и хаотические системы. Квазипериодичность.
24. Детерминированность и хаос. Переход к хаотическому поведению в динамических системах. Простейшие примеры систем с хаотическим поведением.
25. Динамический хаос. Основные элементы теории хаоса.
26. Описание поведения динамических систем. Аттрактор.
27. Методы описания эволюции динамических систем в нелинейной динамике.

### **7.1. Основная литература:**

1. Захарова, Т. В. Вейвлет-анализ и его приложения: Учебное пособие / Т.В. Захарова, О.В. Шестаков. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 158 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование).(обложка) ISBN 978-5-16-005055-3, 500 экз

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=234103>

2. Интеллектуальный анализ временных рядов: Учебное пособие / Н.Г. Ярушкина, Т.В. Афанасьева, И.Г. Перфильева. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 160 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0496-1 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/249314>

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Структуры и алгоритмы обработки данных: Учебное пособие / Колдаев В.Д. - М.:ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 296 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-369-01264-2 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/418290>

2. Теория статистики: Практикум / Г.Л. Громыко. - 4-е изд., доп. и перераб. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 240 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-003238-2 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/305554>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Введение в теорию фракталов - <http://algotlist.manual.ru/graphics/fracart.php>

Нелинейная физика. Хаос. Теория катастроф - [http://ph4s.ru/book\\_ph\\_haos.html](http://ph4s.ru/book_ph_haos.html)

Теория солитонов - <http://ilib.mccme.ru/djvu/bib-kvant/soliton.htm>

Электронная библиотека по нелинейной динамике - <http://www.scintific.narod.ru/nlib/>

Элементы большой науки - <http://elementy.ru/posters/fractals/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Синхронизация в сложных системах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Для обеспечения оптимального учебного процесса на лекционных занятиях по курсу "Синхронизация сложных систем" используется компьютерный класс для просмотра DVD и CD-дисков по темам, требующих более глубокого освоения учебного материала. Для проведения лекционных занятий имеется техническое средство обучения в составе одного ноутбука и мультимедийного проектора. Имеется комплект CD-дисков с лекционными и наглядно-демонстрационными материалами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.05 "Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)" и профилю подготовки Физика и информатика .

Автор(ы):

Демин С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нефедьев Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.