

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б.1.В.ДВ.7.1 Динамика нелинейных систем в лазерной, химической и биологической физике»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки)

Медицинская физика

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2017

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

протокол № 6 от " 24 " февраля 2017 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры



подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

Исполнители:

профессор

должность



подпись

М.Г. Кучеренко

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

03.03.02 Физика

код наименование



личная подпись

расшифровка подписи

В.А. Бергитский

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

  
личная подпись

Н.Н. Грицай

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

  
личная подпись

Стрекаловская А.Д.

расшифровка подписи

№ регистрации 31684

© Кучеренко М.Г., 2017

© ОГУ, 2017

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Динамика нелинейных систем в лазерной, химической и биологической физике» является формирование у студентов отчетливого понимания основных закономерностей и свойств, присущих нелинейным системам различной природы, знания границ применимости линейных вариантов теорий, предназначенных для описания этих свойств, овладение теми физическими идеями и понятиями, которые являются общими для систем физической, химической и биологической природы.

### Задачи:

Получить представление о качественных методах исследования свойств решений нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих динамическую систему, приобрести навыки построения фазовых портретов точечных динамических систем. Изучить методы решения уравнений динамических систем автоколебательного типа, и уравнений параболического типа для распределенных диссипативных динамических систем.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.22 Электродинамика сплошных сред*

Требования к входным результатам обучения, необходимым для освоения дисциплины

Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины	Компетенции
<p><b>Знать:</b> - содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации.</p> <p><b>Уметь:</b> - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений.</p> <p><b>Владеть:</b> - технологиями организации процесса самообразования.</p>	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию
<p><b>Знать:</b> - особенности информационных технологий для их применения в практической деятельности, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> - самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.</p> <p><b>Владеть:</b> - способами реализации индуктивных и дедуктивных способов мышления в профессиональной деятельности.</p>	ОПК-2 способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
<p><b>Знать:</b> - основные принципы работы с библиографическими данными и информационно-коммуникационными системами в общей и теоретической физике.</p>	ОПК-3 способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов

Предварительные результаты обучения, которые должны быть сформированы у обучающегося до начала изучения дисциплины	Компетенции
<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять библиографический поиск, как по тематике профессиональной деятельности, так и в новых областях знаний общей и теоретической физики;</li> <li>- проводить обмен профессиональной информацией в области общей и теоретической физики с учетом требований информационной безопасности.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска, обмена и защиты информации в области общей и теоретической физики</li> </ul>	<p>общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные разделы общей физики и ключевые разделы теоретической физики для освоения технологий твердотельных и газовых лазеров, физических принципов действия приборов твердотельной электроники.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</li> </ul>	<p>ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения разделов общей физики и ключевых разделов теоретической физики для использования технологий применения твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники в биологии и медицине.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с основными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</li> </ul>	<p>ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований</p>
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы специальных разделов физики и итоговые выражения специализированных разделов теоретической физики для использования на практике твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники в биологии и медицине.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять полученные специализированные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы со специальными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</li> </ul>	<p>ПК-4 способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p>

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

### 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p><b><u>Знать:</u></b> - содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации.</p> <p><b><u>Уметь:</u></b> - планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы осуществления деятельности; - самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для освоения дисциплины.</p> <p><b><u>Владеть:</u></b> - технологиями организации процесса самообразования; способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.</p>	<p>ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию</p>
<p><b><u>Знать:</u></b> - основные понятия и методы естественных наук;</p> <p>- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, молекулярной физики и физики многочастичных систем, физики твердого тела.</p> <p><b><u>Уметь:</u></b> - применять математические методы и физические законы для решения практических задач биологии, экологии и медицины.</p> <p><b><u>Владеть:</u></b> - методами решения дифференциальных уравнений моделей сложных природных систем, - навыками практического применения законов физики, химии, биологии и экологии.</p>	<p>ОПК-1 способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)</p>
<p><b><u>Знать:</u></b> - основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного и теории вероятностей;</p> <p>- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, молекулярной физики и физики твердого тела.</p> <p><b><u>Уметь:</u></b> - применять математические методы и физические законы для решения практических задач.</p> <p><b><u>Владеть:</u></b> - методами решения дифференциальных уравнений, дифференциального и интегрального исчисления; - навыками практического применения законов физики, химии и экологии.</p>	<p>ОПК-2 способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>
<p><b><u>Знать:</u></b> - основные принципы и законы общей и теоретической физики.</p> <p><b><u>Уметь:</u></b> - выполнять поиск необходимой информации, как по тематике профессиональной деятельности, так и по смежным областям общей и</p>	<p>ОПК-3 способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической</p>

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>теоретической физики; - проводить обмен профессиональной информацией в области общей и теоретической физики с учетом требований информационной безопасности.</p> <p><b>Владеть:</b> - навыками поиска, обмена и защиты информации в области общей и теоретической физики</p>	<p>физики для решения профессиональных задач</p>
<p><b>Знать:</b> - основные разделы общей физики и ключевые разделы теоретической физики для освоения технологий твердотельных и газовых лазеров, физических принципов действия приборов твердотельной электроники.</p> <p><b>Уметь:</b> - применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</p> <p><b>Владеть:</b> - навыками работы с приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</p>	<p>ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>
<p><b>Знать:</b> - основные законы специальных разделов физики и итоговые выражения специализированных разделов теоретической физики для проведения исследований с использованием твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники в биологии и медицине.</p> <p><b>Уметь:</b> - применять полученные специализированные теоретические знания к решению исследовательских задач и поисковой экспериментальной работе с использованием приборов твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</p> <p><b>Владеть:</b> - навыками работы со специальными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники для проведения исследований в области биологии и медицины.</p>	<p>ПК-2 способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>
<p><b>Знать:</b> - основные положения разделов общей физики и ключевых разделов теоретической физики для использования технологий применения твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники в биологии и медицине.</p> <p><b>Уметь:</b> - применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</p> <p><b>Владеть:</b> - навыками работы с основными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</p>	<p>ПК-3 готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований</p>
<p><b>Знать:</b> - основные законы специальных разделов физики и итоговые выражения специализированных разделов теоретической физики для использования на практике твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники в биологии и медицине.</p> <p><b>Уметь:</b></p>	<p>ПК-4 способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p>

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<p>- применять полученные специализированные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- навыками работы со специальными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники медицинского назначения.</p>	
<p><b>Знать:</b></p> <p>- основные методы обработки результатов физических исследований с использованием твердотельных и газовых лазеров, приборов твердотельной электроники для синтеза новых знаний в биологии и медицине</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- применять полученные специализированные теоретические знания в ходе решения исследовательских задач с использованием приборов твердотельной и квантовой электроники медицинского назначения для получения новой информации.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- навыками работы со специальными приборами твердотельной и квантовой электроники и современной диагностической техники для выявления новых закономерностей при проведении исследований в области биологии и медицины.</p>	ПК-5 способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>34,25</b>	<b>31,25</b>	<b>65,5</b>
Лекции (Л)	18	10	28
Практические занятия (ПЗ)	16	20	36
Консультации		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>37,75</b>	<b>40,75</b>	<b>78,5</b>
- самостоятельное изучение разделов (перечислить): Формирование синергетики как науки. Необходимость формирования синергетического подхода в физике, химии, биологии и других областях знания. Синергетические механизмы обработки информации в нейросетях, процессов памяти и мышления и самоорганизации сознания, синергетика и логика, нейрокомпьютеры. Теория фракталов, хаусдорфова размерность. Фракталы как модели физических систем. Фрактальные кластеры. Процессы на фрактальных средах.	15	20	35
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	15	10	25
- подготовка к практическим занятиям;	7,75	10,75	18,5

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
- подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)			
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>зачет</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Консервативные динамические системы. Гамильтонов формализм.		6	4		
2	Интегрируемость гамильтоновых систем. КАМ – теорема. Хаос в гамильтоновых системах		6	6		
3	Диссипативные динамические системы и их аттракторы. Теория устойчивости Ляпунова		6	6		
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>16</b>		<b>38</b>

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
4	Странные аттракторы диссипативных динамических систем. Бифуркации. Типичные сценарии перехода к хаосу.		4	8		
5	Нелинейные волны в активных средах. Распределенные системы – как динамические системы с бесконечным числом степеней свободы.		4	6		
6	Основные уравнения распределенных диссипативных систем и анализ их решений.		2	6		
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		<b>42</b>
	<b>Всего:</b>	<b>144</b>	<b>28</b>	<b>36</b>		<b>80</b>

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	2	3
1	Консервативные динамические	Введение. Определение динамических систем (ДС). Число степеней свободы ДС. Качественная теория систем ОДУ. Автономные ДС. Фазо-



	системы. Гамильтонов формализм.	вое пространство. Гамильтоновы системы. Функции Лагранжа и Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Фазовое пространство гамильтоновой системы. Свойства фазовых портретов гамильтоновых систем. Сохранение фазового объема. Гиперповерхность постоянной энергии. Канонические преобразования.
2	Интегрируемость гамильтоновых систем. КАМ –теорема. Хаос в гамильтоновых системах	Канонические преобразования к переменным «действие-угол». Понятие интегрируемых систем. Системы с одной степенью свободы. Фазовое пространство переменных «действие-угол». Система двух гармонических осцилляторов. 2-тор. Периодическое и условно- периодическое движение на торе. $n$ степеней свободы. Резонансные и нерезонансные торы. Теорема Пуанкаре. Отображение Пуанкаре. Модель Хенона-Хейлеса. Хаотические слои. Системы близкие к интегрируемым. Теорема Колмогорова-Арнольда-Мозера. Случай систем с двумя степенями свободы. Диффузия Арнольда. Паутина Арнольда. Образование стохастического слоя. Динамика вблизи сепаратрисы. Разрушение сепаратрисы. Исчезновение границы между захваченными и пролетными траекториями. Маятник с подвижной точкой подвеса. Эргодичность и перемешивание. Временные и фазовые средние. Заполнение фазового пространства траекториями ДС. «Разбегание» траекторий. Корреляторы. Расцепление корреляторов в асимптотике для перемешивающих систем.
3	Диссипативные динамические системы и их аттракторы. Теория устойчивости Ляпунова	Понятие аттрактора. Классификация регулярных и хаотических систем по типу аттрактора. Уменьшение фазового объема диссипативных систем. Анализ устойчивости. Особые точки ДС – состояния равновесия. Понятие устойчивости по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость стационарной точки. Анализ устойчивости на основе линеаризации уравнений ДС. Теорема Ляпунова об устойчивости. Анализ устойчивости системы с одной степенью свободы. Узел. Фокус. Седло. Центр. Поведение фазовых траекторий вблизи особых точек. Разбиение фазовой плоскости на области, различающиеся типом особой точки. Устойчивые и неустойчивые предельные циклы. Анализ свойств нелинейного одномерного осциллятора. Фазовые траектории и их поведение в окрестности особых точек. Осциллятор Ван-дер-Поля. Графики и фазовые портреты генераторов квазигармонических, несинусоидальных и релаксационных колебаний. Трехмерное фазовое пространство. Устойчивый и неустойчивый узел и фокус. Седло-фокус и седло-узел. Седловое периодическое движение. Фокусное стремление траекторий к предельному циклу. Аттракторы нулевой размерности и аттракторы – предельные циклы. Инвариантные торы – как многомерные аттракторы.
4	Странные аттракторы диссипативных динамических систем. Бифуркации. Типичные сценарии перехода к хаосу.	Понятие странного аттрактора. Неустойчивость движения на странном аттракторе. Глобальное сжатие фазового объема и локальная неустойчивость фазовых траекторий. Квазиаттракторы. Сочетание знаков показателей Ляпунова ДС с тремя степенями свободы и тип аттрактора. Автокорреляционная функция ДДС. Спектральные разложения. Примеры спектральных разложений для периодического, условно-периодического и хаотического движения. Скейлингова структура и фрактальная размерность странных аттракторов. Динамическая модель лазера Лоренца-Хакена. Физический смысл параметров модели. Термоконвекционная модель Лоренца. Параметры модели. Эквивалентность

		<p>моделей. Стационарные точки модели Лоренца. Качественное поведение фазовых траекторий. Точечные отображения. Одномерные отображения. Неподвижные точки. Диаграммы Ламерея. Условие устойчивости неподвижной точки. Двумерные отображения Эно. Мультипликаторы. Кратные устойчивые циклы. Бифуркации. Однопараметрическое квадратичное отображение. Переход к хаосу. Универсальность Фейгенбаума. Типичные сценарии перехода к хаосу. Бифуркация Андронова-Хопфа. Мягкая потеря устойчивости. Жесткая потеря устойчивости. Рождение двумерного тора из теряющего устойчивость предельного цикла. Возникновение торов возрастающей размерности. Сценарий турбулентности Ландау-Хопфа. Реализуемость сценария Ландау-Хопфа. Сценарий перехода к турбулентности Рюэля-Такенса. Последовательность бифуркаций удвоения периода. Сценарий Помо-Манневила – переход к хаосу через перемежаемость.</p>
5	<p>Нелинейные волны в активных средах. Распределенные системы – как динамические системы с бесконечным числом степеней свободы.</p>	<p>Нелинейные волны в активных средах. Распределенные системы – как ДС с бесконечным числом степеней свободы. Фурье-разложение – как метод построения решения. Сведение к системе ОДУ. Параметры порядка. Расцепление ОДУ для линейных систем. Системы ОДУ для нелинейных диссипативных систем. Релаксация высоких гармоник. Квазистационарный режим и адаиабатическое приближение. Три типа активных сред. Система бистабильных элементов. Система возбудимых (мультивибраторных) элементов. Система автоколебательных элементов. Волны переключения (бегущий фронт). Волны возбуждения (бегущий импульс). Фазовые волны. Диссипативные структуры. Типичные вид уравнения распределенной диссипативной системы с диффузионным и сносовым операторами и нелинейными слагаемыми.</p>
6	<p>Основные уравнения распределенных диссипативных систем и анализ их решений.</p>	<p>Уравнение Колмогорова-Петровского-Пискунова. Анализ стационарных точек точечной системы. Построение решений в окрестности особых точек и исследование устойчивости. Фазовые портреты. Дисперсионное уравнение. Автомодельное решение. Волна переключений фазы. Энергия системы. Уравнения распределенных ДДС с нелинейной структурой диффузионного оператора. Нелинейности степенного вида. Режимы с обострением. Локализация температурного поля. Распространение фронта нелинейной температурной волны. Диффузионные связи в точечной многокомпонентной системе. Возникновение неустойчивости, обусловленное наличием процессов переноса. Диффузионные неустойчивости тьюрингового и автоколебательного типа. Автоволны и диссипативные структуры в активных средах. Сверхрешетки экситонной плотности в молекулярных кристаллах. Сносовый поток, вызванный эффективной Ван-дер-ваальсовой силой. Автоколебания температуры и плотности экситонов, вызванные аннигиляцией и тепловыделением. Волновое уравнение и уравнение Римана. Опрокидывание фронта волны. Учет диссипации. Уравнение Бюргерса. Решение в виде волны переключения (фазового перехода). Ширина переходной области ударной волны. Решение Коула-Хопфа. Уравнения типа «реакция-диффузия». Двухкомпонентная система – бимолекулярная реакция. Автомодельное решение. Распространение волны концентрации. Волны переключения в активированных 2-х и 3-х уровневых средах. Модель Харциева-Овчинникова для прохождения монохроматического излучения через резонансно-поглощающую среду. Некогерентное насыщение поглощения. Кинетика в трехуровневой системе с метастабильным состоянием. Явление термодиффузии в двухкомпонентной газовой смеси.</p>

		Газ Лоренца. Термодиффузионная постоянная. Лазерный нагрев газовых сред с термодиффузией. Возникновение осцилляционного режима в химически инертной двухкомпонентной газовой смеси (тонкая цилиндрическая кювета). Температурная зависимость сечения поглощения.
--	--	--

### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Примеры нелинейного осциллятора: маятник, колебательный контур с нелинейной индуктивностью, нелинейные колебания плазмы.	2
2	2	Нелинейный маятник, колеблющийся в вертикальной плоскости, колебания в прямоугольной яме.	2
3	2	Бильярды с совместным существованием хаотической и регулярной динамики. Перемешивание (запутывание) траекторий скользящих электронов. Динамические бильярды: бильярды Синая, Гадамарда, Артина, Стадион Бунимовича. Нелинейная динамика лучей.	4
4	3	Пример автоколебательных систем: ламповый генератор Ван дер Поля. Автогенератор на активном элементе с отрицательной дифференциальной проводимостью. Химические колебания. Брюсселятор.	4
5	3	Изучение процессов самоорганизации на следующих примерах: динамика популяций хищников-жертв, химические осцилляции в реакции Белоусова-Жаботинского (химические часы), динамический хаос при вынужденных колебаниях диссипативного нелинейного осциллятора.	4
6	4	Исследование хаоса: турбулентность в модели Лоренца и Реслера, задача о конвекции в подогреваемом снизу слое, конвекция Диссипативный осциллятор с инерционной нелинейностью.	4
7	4	Пример системы с хаотическим аттрактором: генератор с инерционной нелинейностью (генератор Анищенко-Астахова). Обобщение уравнения Ван дер Поля на случай трехмерного пространства.	4
8	5	Решение нелинейных уравнений теплопроводности. Термодиффузионные задачи.	4
9	5	Решение нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных численными методами.	4
10	6	Уравнение Бюргерса, ударные волны, опрокидывание волны, волна уплотнения. Автомодельные решения.	4
		Итого:	36

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Шапиро С. В. Основы синергетики: учебное пособие Издатель: Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2012.

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272504&sr=1>

2. Мищенко Е. Ф., Садовничий В. А., Колесов А. Ю., Розов Н. Х Автоволновые процессы в нелинейных средах с диффузией. Издатель: Физматлит, 2010.

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68971&sr=1>

### 5.2 Дополнительная литература

1. Ахромеева Т. С., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Самарский А. А. Структуры и хаос в нелинейных средах Издатель: Физматлит, 2007.

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67298&sr=1>

2. Акулин В. М. Динамика сложных квантовых систем ISBN: 978-5-9221-1207-9 М.: Физматлит, 2009. -492 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67596#>

### 5.3 Периодические издания

1. Журнал «Успехи физических наук», <http://ufn.ru/>.

3. Журнал экспериментальной и теоретической физики. <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index>

### 5.4 Интернет-ресурсы

1. Программный комплекс «Университетский фонд электронных ресурсов» <http://ito.osu.ru>

2. Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.

3. Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ) - <http://elibrary.rsl.ru/>.

4. Мировая цифровая библиотека - <http://www.wdl.org/ru/>

5. Публичная Электронная Библиотека (области знания: гуманитарные и естественнонаучные) - <http://lib.walla.ru/>.

6. Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова - <http://nbgmu.ru/>.

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

На кафедре радиофизики и электроники для аспирантов организована лаборатория математического моделирования физических процессов укомплектованная современными персональными компьютерами и вычислительным узлом. В этой лаборатории аспиранты имеют возможность моделировать различные физические процессы в таких программных комплексах, как Wolfram Mathematica, MathCad, Multisim.

## **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Компьютеры, проекторы. Электронные презентации по лекционным темам. Пакет прикладных программ для вычислений спиновой динамики и релаксации молекулярных систем во внешнем магнитном поле, программа расчета эффективности энергообмена в донор-акцепторной молекулярной систем с сильным межмолекулярным взаимодействием.

### ***К рабочей программе прилагаются:***

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.