

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено
на заседании кафедры
теоретической физики
протокол № 4 от «12» января 2022 г.
Зав. кафедрой



Вахитов Р.М.

Согласовано: Председатель
УМК физико - технического
института



(Балапанов М.Х.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Физика колебаний

Б1.В.ДВ.06.02

Направление подготовки (Специальность)
Программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки / Специализация
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Разработчик (составитель)
к.ф.-м.н., доц. Закирьянов Ф.К.



/ Закирьянов Ф.К.

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель: Закирьянов Ф.К.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол № 4 от «12» января 2022 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

ПК-4. Способен использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий.

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ПК-4. Способен использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	ПК-4.1. Знать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Знать основные термины и законы общей и теоретической физики; Методы приближенного решения нелинейных ДС. Автоколебания в диссипативных системах. Генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания. Основные бифуркации на плоскости. Знать методы качественного анализа и построения фазовых портретов; методы теории возмущений для получения приближенных аналитических решений.
		ПК-4.2. Уметь использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Уметь излагать и критически анализировать информацию по физике колебаний; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями; применять полученные знания в научно-исследовательских работах и в прикладных задачах профессиональной деятельности. Уметь проводить анализ физических моделей, описываемых ДС1 и ДС2; применять системы компьютерной алгебры к анализу динамических систем; находить точки бифуркации и исследовать характер устойчивости для конкретных задач.
		ПК-4.3. Владеть навыками использования фундаментальных знаний по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Владеть методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; современной терминологией и знаниями о свойствах реальных колебательных систем. Владеть проводить интерпретацию наблюдательных и экспериментальных данных и сопоставлять их с теорией.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика колебаний» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Цели изучения дисциплины: сформировать у студентов современное представление о динамике нелинейных систем различной физической природы и методах их исследования. В процессе изучения курса студенты получают сведения о динамических системах, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, знакомятся с методами их точного, приближенного и качественного исследования, получают основные сведения о параметрических, неавтономных и автоколебательных динамических системах и их особенностях.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Модуль «Математика»;
- модуль «Общая физика»;
- модуль «Информатика».

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции:

ПК-4. Способен использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-4.1. Знать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Знать основные термины и законы общей и теоретической физики; Методы приближенного решения нелинейных ДС. Автоколебания в диссипативных системах. Генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания. Основные бифуркации на плоскости. Знать методы качественного анализа и построения фазовых портретов; методы теории возмущений для получения	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё

	приближенных аналитических решений.				
ПК-4.2. Уметь использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Уметь излагать и критически анализировать информацию по физике колебаний; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями; применять полученные знания в научно-исследовательских работах и в прикладных задачах профессиональной деятельности. Уметь проводить анализ физических моделей, описываемых ДС1 и ДС2; применять системы компьютерной алгебры к анализу динамических систем; находить точки бифуркации и исследовать характер устойчивости для конкретных задач.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
ПК-4.3. Владеть навыками использования фундаментальных знаний по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Владеть методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; современной терминологией и знаниями о свойствах реальных колебательных систем. Владеть проводить интерпретацию наблюдательных и экспериментальных данных и сопоставлять их с теорией.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ПК-4.1. Знать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Знать основные термины и законы общей и теоретической физики; Методы приближенного решения нелинейных ДС. Автоколебания в диссипативных системах. Генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания. Основные бифуркации на плоскости. Знать методы качественного анализа и построения фазовых портретов; методы теории возмущений для получения приближенных аналитических решений.	Доклад Экзамен
ПК-4.2. Уметь использовать фундаментальные знания по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Уметь излагать и критически анализировать информацию по физике колебаний; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями; применять полученные знания в научно-исследовательских работах и в прикладных задачах профессиональной деятельности. Уметь проводить анализ физических моделей, описываемых ДС1 и ДС2; применять системы компьютерной алгебры к анализу динамических систем; находить точки бифуркации и исследовать характер устойчивости для конкретных задач.	Доклад Экзамен
ПК-4.3. Владеть навыками использования фундаментальных знаний по физическим свойствам материалов и экспериментальным методам исследований в профессиональной деятельности в областях материаловедения, технической экспертизы материалов, технического контроля качества материалов и изделий	Владеть методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; современной терминологией и знаниями о свойствах реальных колебательных систем. Владеть проводить интерпретацию наблюдательных и экспериментальных данных и сопоставлять их с теорией.	Доклад Экзамен

Для контроля освоения компетенций при изучении дисциплины применяется балльно-рейтинговая система.

Показатели сфорсированности компетенции:

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

Рейтинг-план дисциплины

Физика колебаний

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»

курс 4, семестр 7

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1				
Текущий контроль				
1. Доклад	15	1	0	15
2. Тестовый контроль	5	1	0	5
Рубежный контроль				
1. Коллоквиум	15	1	0	15
Модуль 2				
Текущий контроль				
1. Доклад	15	1	0	15
2. Тестовый контроль	5	1	0	5
Рубежный контроль				
1. Коллоквиум	15	1	0	15
Поощрительные баллы				
1. Студенческая олимпиада	3	1	0	3
2. Публикация статей	4	1	0	4
3. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)	3	1	0	3
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
1. Экзамен				30

Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. Динамические системы первого порядка (ДС1). Фазовый портрет. Понятие устойчивости. Определение бифуркации. Бифуркации положений равновесия для ДС1. Бифуркационная диаграмма.
2. Динамические системы второго порядка (ДС2). Исследование колебаний в линейном приближении. Линейный автономный осциллятор (ЛО). Фазовая плоскость. Типы фазовых траекторий для ЛО. Классификация корней характеристического уравнения. Нелинейные консервативные ДС2. Фазовый портрет. Неизохронные движения. Процедура линеаризации. Устойчивость и неустойчивость линеаризованных систем. Определения устойчивости. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
3. ДС с мягкой нелинейностью. Нелинейный осциллятор Дюффинга (ОД). Фазовый портрет ОД. Точные решения ОД. Эллиптические функции.
4. Методы приближенного решения нелинейных ДС. Методы возмущения для ДС2. Метод прямого разложения. Улучшенная теория возмущений. Метод усреднения (сглаживания). Уравнения Крылова-Боголюбова. Наиболее распространенные операторы усреднения. Сильно возмущенные системы. Метод гармонического баланса.

5. Типы траекторий нелинейных ДС. Сложные особые точки. Предельные множества траекторий. Гомоклинические траектории. Предельные циклы. Автоколебания в диссипативных системах. Генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания. Уравнение Рэлея. Системы с медленными и быстрыми движениями.
7. Понятие грубости ДС. Структурная устойчивость. Основные бифуркации на плоскости. Бифуркации стационарных решений. Бифуркации периодических решений. Устойчивость периодических решений. Триггерные системы. Законы совместного сосуществования различных типов траекторий. Индексы Пуанкаре.
8. Параметрические системы (ПС). Уравнения Хилла и Матье. Параметрический резонанс. Теория Флоке. Метод малого параметра. Субгармоническая неустойчивость. Нерезонансные ПС. Адиабатические инварианты. Маятник Капицы.
9. Неавтономные ДС2. Метод комплексных амплитуд. Метод неопределенных коэффициентов. Изолированный нелинейный резонанс. Переменные «действие-угол». Перекрывание нелинейных резонансов. Критерии устойчивости неавтономных ДС.
10. ДС с двумя степенями свободы. Интегрируемые системы. Внутренний резонанс. Биения. Техника использования переменных «действие-угол». Взаимодействующие ОД. Возбуждение двух связанных осцилляторов внешней периодической силой. Теорема взаимности. Резонансное взаимодействие нескольких осцилляторов. Соотношения Мэнли-Роу.
11. Автоколебания в многочастотных системах. Синхронизация частоты генератора внешним сигналом. Эффект конкуренции мод. Явление затягивания колебаний. Взаимная синхронизация мод.
12. Методы исследования ДС произвольного порядка. Метод гармонических разложений в системах с N степенями свободы. Полевой подход к исследованию нелинейных систем. Метод источников. Необходимые и достаточные условия неустойчивости. Исследование периодических режимов в многомерных ДС. Колебания в упорядоченных структурах. Предельный переход к одномерной сплошной среде.

Образец экзаменационного билета:

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине

Физика колебаний

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки / Специализация
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

1. Динамические системы первого порядка. Устойчивость положений равновесия. Бифуркации.
2. Исследовать динамическую систему 2-го порядка:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1(1 - x_2) \\ \dot{x}_2 = -x_2(2 - x_1) \end{cases}$$

Составители:  / Закирьянов Ф.К.


Заведующий кафедрой _____ Вахитов Р.М.

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Доклад

Примерные темы доклада:

1. Классификация колебательных процессов и систем.
2. Собственные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы.
3. Метод фазовой плоскости.
4. Фазовый портрет диссипативной системы с одной степенью свободы со слабым затуханием.
5. Колебаний в линейной системе под действием вынуждающей силы.
6. Собственные колебания в слабонелинейной консервативной системе.
7. Вынужденные колебания в слабонелинейной диссипативной системе.
8. Общие сведения о колебательных и волновых процессах в распределенных системах.
9. Эквивалентная линия передачи.
10. Режимы работы линии передачи.
11. Плоские электромагнитные волны в изотропной среде.
12. Понятие о пространственной и временной дисперсии. Дисперсионное уравнение.
13. Модулированные волны и сигналы.
14. Обыкновенные и необыкновенные волны.
15. Отражение и преломление волн на границе раздела сред.
16. Волны в плавно неоднородных средах.
17. Общие свойства полей излучения произвольной системы источников
18. Типы элементарных излучателей

Критерии оценки (в баллах):

- **12-15 баллов** выставляется студенту, если студент полностью раскрыл тему доклада, дал полные, развернутые ответы на все дополнительные вопросы, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов по данной теме.

- **4 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл тему доклада, однако допущены неточности при ответе на дополнительные вопросы.

- **2-3 баллов** выставляется студенту, если при докладе студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота доклада страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала.

- **1 балл** выставляется студенту, если доклад свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий по теме. Обнаруживается отсутствие навыков поиска информации.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Мигулин В.В. и др. Основы теории колебаний. - М.: Наука, 1988.
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука, 1992.
3. Косевич А.М., Ковалев А.С. Введение в нелинейную физическую механику. Киев. Наука. Думка. 1989.

Дополнительная литература:

1. Бутенин Н.В. и др. Введение в теорию нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1987.
2. Магнус К. Колебания. - М.: Мир, 1982.
3. Холоднюк М. и др. Методы анализа нелинейных динамических моделей. - М.: Мир, 1991.
4. Блэкьер О. Анализ нелинейных систем. - М.: Мир, 1969.
5. Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. - М.: Наука, 1990.
6. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. - М.: Физматгиз, 1963.
7. Гребеников Е.А. Метод усреднения в прикладных задачах. - М.: Наука, 1986.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Видео демонстрации колебательных процессов - <http://учебныефильмы.рф/VideoOsc.htm>
2. Колебания и волны. Лекции. Физический факультет МГУ - <http://www.astronet.ru/db/msg/1175791/page1.html>
3. Проект - Вся физика - http://sfiz.ru/list.php?c=uch_kolebaniya
4. Универсальная научно-популярная онлайн энциклопедия – http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/KOLEBANIYA_I_VOLNI.html.

6. Материально -техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория (219 а физмат корпус)	Лекции	Мультимедийный проектор, экран, доска
Компьютерный класс (219 а физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 ФИЗИКО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
 КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Физика колебаний на 7 семестре
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	91,2
лекций	36
практических/ семинарских	18
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	7,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	45

Форма(ы) контроля:

Экзамен: 7 семестр

7 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение. Общие замечания. Предмет и содержание теории колебаний. Используемая терминология. Общая методика исследования динамических систем (ДС).	2	1	2		Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
2	Динамические системы первого порядка (ДС1). Фазовый портрет. Понятие устойчивости. Определение бифуркации. Бифуркации положений равновесия для ДС1. Бифуркационная диаграмма.	2	1	2		Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
3	Динамические системы второго порядка (ДС2). Исследование колебаний в линейном приближении. Линейный автономный осциллятор (ЛО). Фазовая плоскость. Типы фазовых траекторий для ЛО. Классификация корней характеристического уравнения. Нелинейные консервативные ДС2. Фазовый портрет. Неизохронные движения. Процедура линеаризации. Устойчивость и неустойчивость линеаризованных систем. Определения устойчивости. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица (КУРГ).	4	2	4	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
4	ДС с мягкой нелинейностью. Нелинейный осциллятор Дюффинга (ОД). Фазовый портрет ОД. Точные решения ОД. Эллиптические функции.	2	1	2		Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
5	Методы приближенного решения нелинейных ДС. Методы возмущения для ДС2. Метод прямого разложения. Улучшенная теория возмущений. Метод усреднения (сглаживания). Уравнения Крылова-Боголюбова. Наиболее распространенные операторы усреднения. Сильно возмущенные системы. Метод гармонического баланса.	4	2	4	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
6	Типы траекторий нелинейных ДС. Сложные особые точки. Предельные множества траекторий. Гомоклинические траектории. Предельные циклы. Автоколебания в диссипативных системах. Генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания. Уравнение Рэлея. Системы с медленными и быстрыми движениями.	4	2	4	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
7	Понятие грубости ДС. Структурная устойчивость. Основные бифуркации на плоскости. Бифуркации стационарных решений. Бифуркации периодических решений. Устойчивость периодических решений. Триггерные системы. Законы совместного сосуществования различных типов траекторий. Индексы Пу-	4	2	4	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен

	анкаре.						
8	Параметрические системы (ПС). Уравнения Хилла и Матье. Параметрический резонанс. Теория Флоке. Метод малого параметра. Субгармоническая неустойчивость. Нерезонансные ПС. Адиабатические инварианты. Маятник Капицы.	2	1	2		Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
9	Неавтономные ДС2. Метод комплексных амплитуд. Метод неопределенных коэффициентов. Изолированный нелинейный резонанс. Переменные «действие-угол». Перекрытие нелинейных резонансов. Критерии устойчивости неавтономных ДС.	2	1	2	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
10	ДС с двумя степенями свободы. Интегрируемые системы. Внутренний резонанс. Биения. Техника использования переменных «действие-угол». Взаимодействующие ОД. Возбуждение двух связанных осцилляторов внешней периодической силой. Теорема взаимности. Резонансное взаимодействие нескольких осцилляторов. Соотношения Мэнли-Роу.	4	2	2	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
11	Автоколебания в многочастотных системах. Синхронизация частоты генератора внешним сигналом. Эффект конкуренции мод. Явление затягивания колебаний. Взаимная синхронизация мод.	2	1	2		Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
12	Методы исследования ДС произвольного порядка. Метод гармонических разложений в системах с N степенями свободы.	2	1	2	1	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
13	Полевой подход к исследованию нелинейных систем. Метод источников. Необходимые и достаточные условия неустойчивости. Исследование периодических режимов в многомерных ДС. Колебания в упорядоченных структурах. Предельный переход к одномерной сплошной среде	4	1	4	0.8	Работа с лекционным материалом, подготовка к докладу	Доклад Экзамен
	Всего часов:	36	18	36	7,8		

