

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ребковец Ольга Александровна  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 01.11.2023 15:51:02  
Уникальный программный ключ:  
e789ec8739030382afc5ebff702928ad11af5c0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга»

Рассмотрено и утверждено на заседании  
кафедры математики и физики  
14.05.2021 г., протокол №9  
зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.А. Кашутина

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (КУРСА, МОДУЛЯ)**

### **Б1.В.07 «Нелинейная динамика»**

**Направление подготовки:** 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Год набора:** 2021

**Форма обучения:** очная

**Курс 4          Семестр 8**

**Зачет:** 8 семестр

Петропавловск-Камчатский 2021 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 "Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата)", утвержденного приказом Минобрнауки России от 10.01.2018 № 9.

Составитель:

Профессор кафедры математики и физики \_\_\_\_\_ Р.И. Паровик



### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является - формирование систематизированных знаний по теории нелинейных динамических систем и навыков исследования. Приобретенные теоретические знания и практические навыки позволят студентам самостоятельно ставить и решать задачи нелинейной динамики.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б.1. Цикл математических и естественнонаучных дисциплин (базовая часть).

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки (специальности):

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1. Знает методы обработки и интерпретации данных исследований. ПК-1.2. Умеет осуществлять сбор, обработку и интерпретацию данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям. ПК-1.3. Владеет методами обработки и интерпретации данных научных исследований.

### 4. Содержание дисциплины

#### Основные понятия теории динамических систем. Классификация динамических систем. Динамические системы с дискретным и непрерывным временем

Динамическая система и ее состояние. Моделирование динамической системы. Гармонические колебания. Движение в поле потенциальных сил. Нелинейный осциллятор. Маятник с затуханием. Консервативные и диссипативные системы. Нелинейные осцилляторы Дуффинга и Ван дер Поля. Дискретные модели. Разностные эволюционные уравнения.

#### Методы исследования динамических систем. Фазовые траектории. Бифуркация

Решение эволюционных дифференциальных уравнений. Область определения фазовых траекторий. Типы траекторий автономных динамических систем. Типичные бифуркации нелинейных систем. Бифуркация рождения предельного цикла. Гамильтоновы системы. Движение в центральном поле. Циклические координаты. Законы сохранения и инвариантность гамильтониана. Особенности фазовых портретов. Инвариантные торы в негамильтоновых системах.

### **Регулярные и хаотические режимы динамических систем. Аттракторы и репеллеры. Сечение Пуанкаре**

Хаотические колебания. Аттрактор Лоренца. Анализ системы Лоренца. Реакция Белоусова-Жаботинского. Хаос и сечение Пуанкаре. Характерные признаки хаоса. Дискретные отображения. Сдвиг Бернулли. Математические характеристики хаоса. Хаотическая диффузия. Сценарий перехода к хаосу. Переход к хаосу через удвоение периода. Переход к хаосу через перемежаемость. Странные аттракторы. Фрактальные свойства странного аттрактора. Эргодичность и перемешивание. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодические системы. Диссипативные перемешивающие системы. Отображение Пуанкаре.

### **Теория устойчивости динамических систем. Асимптотическая устойчивость точек покоя.**

Предельные точки и предельные множества. Топологическая эквивалентность. Исследование качественного поведения систем. Классификация особых точек.

### **Фракталы и фрактальная размерность. Фракталы в динамических системах.**

Определения фрактала. Кривая Коха. Ковер Серпинского. Фрактальность пространственных форм. Динамические фракталы. Фрактал как самоподобный объект. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Фракталы как модели физических систем. Электричество и магнетизм.

### **Элементы дробной динамики. Дробное исчисление в нелинейной динамике.**

Элементы дробного исчисления. Производные дробного порядка Герасимова-Капуто и Римана-Лиувилля и их свойства. Обобщенный закон Ньютона. Дробные осцилляторы и их свойства.

## **5. Тематическое планирование**

### **Модули дисциплины**

№	Наименование модуля	Лекции	Практики/ семинары	Лабораторные	Сам. работа	Всего, часов
1	Нелинейная динамика	16	30	0	62	108
	Всего	16	30	0	62	108

### **Тематический план Модуль 1**

№ темы	Тема	Кол- во часов	Компетенции по теме
	<b>Лекции</b>		

1	Основные понятия теории динамических систем. Классификация динамических систем. Динамические системы с дискретным и непрерывным временем.	2	ПК-1
2	Методы исследования динамических систем. Фазовые траектории. Бифуркация	2	ПК-1
3	Регулярные и хаотические режимы динамических систем. Аттракторы и репеллеры. Сечение Пуанкаре.	2	ПК-1
4	Теория устойчивости динамических систем. Асимптотическая устойчивость точек покоя.	2	ПК-1
5	Фракталы и фрактальная размерность. Фракталы в динамических системах.	4	ПК-1
6	Элементы дробной динамики. Дробное исчисление в нелинейной динамике.	4	ПК-1
	<b>Практические работы</b>		
1	Модель нелинейного осциллятора и его свойства	2	ПК-1
2	Модель нелинейного осциллятора Дуффинга и ее свойства	4	ПК-1
3	Модель автоколебательной системы Ван дер Поля и ее свойства	4	ПК-1
4	Логистическое отображение, бифуркационная диаграмма.	4	ПК-1
5	Отображение Жюлиа. Вычисление фрактальной размерности фрактала.	6	ПК-1
6	Хаотические и регулярные режимы. Отображение Пуанкаре. Максимальные показатели Ляпунова.	6	ПК-1
7	Модели дробных осцилляторов.	4	ПК-1
	<b>Самостоятельная работа</b>		
1	Самоорганизация в нелинейных динамических системах	2	ПК-1
2	Расчет фрактальной размерности аттрактора	10	ПК-1
3	Странные аттракторы	10	ПК-1
4	Фракталы как модели физических систем	10	ПК-1
5	Сценарий Рюэля-Такенса перехода к хаосу	10	ПК-1

6	Спектры максимальных показателей Ляпунова в дробной нелинейной динамике	10	ПК-1
7	Хаос в динамической системе на примере системы Лоренца	10	ПК-1

## 6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает две составные части: аудиторная самостоятельная работа и внеаудиторная.

Самостоятельная аудиторная работа включает выступление по вопросам семинарских занятий, выполнение практических заданий (*при наличии*).

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в следующих формах:

- Конспектирование, решение задач, реферат.

### 6.1. Планы практических занятий

- *Модель нелинейного осциллятора и его свойства.*  
Построить фазовые траектории и осциллограммы нелинейного осциллятора для этого использовать численный метод конечно-разностных схем. Исследовать точки покоя системы.
- *Модель нелинейного осциллятора Дуффинга и ее свойства.*  
Построить фазовые траектории и осциллограммы нелинейного осциллятора Дуффинга для этого использовать численный метод конечно-разностных схем. Исследовать точки покоя системы.
- *Модель автоколебательной системы Ван дер Поля и ее свойства.*  
Построить фазовые траектории и осциллограммы нелинейного осциллятора Дуффинга для этого использовать численный метод конечно-разностных схем. Исследовать точки покоя системы.
- *Логистическое отображение, бифуркационная диаграмма.*  
Исследование логистического отображения, определение числа Фейгенбаума, построение бифуркационной диаграммы в Maple.
- *Отображение Жюлиа. Вычисление фрактальной размерности фрактала.*  
Построить различные варианты отображений Жулиа. Расчет фрактальной размерности различных фрактальных объектов (Канторово множество, кривая Коха, ковер Серпинского и т.д.)
- *Хаотические и регулярные режимы. Отображение Пуанкаре. Максимальные показатели Ляпунова.*  
На примере нелинейного осциллятора Дуффинга построить сечения Пуанкаре в случае хаотической динамики, а также построить спектры максимальных показателей Ляпунова по алгоритму Вольфа-Бенеттина.
- *Модели дробных осцилляторов.*  
На примере дробного осциллятора Дуффинга, построить фазовые траектории и осциллограммы, исследовать точки покоя на асимптотическую устойчивость, построить спектры максимальных показателей Ляпунова.

### 6.3 Внеаудиторная самостоятельная работа

- *Самоорганизация в нелинейных динамических системах*  
Изучение понятия самоорганизации. Методы исследования самоорганизации. Хаос и самоорганизация.
- *Расчет фрактальной размерности аттрактора.*  
Вычисление фрактальной размерности аттрактора выполняется с помощью готовых программ (FRACTAN) с использованием определения корреляционного интеграла. Необходимо выполнить расчеты размерностей аттракторов в программе FRACTAN.
- *Странные аттракторы.*  
Выбрать любую динамическую систему, в которой существуют странные аттракторы.
- *Фракталы как модели физических систем.*  
Выбрать физическую модель, полученную на основе фрактала и провести ее исследование.
- *Сценарий Рюэля-Такенса перехода к хаосу.*  
Переход к хаотическому движению в системе может происходить по различным сценариям. Один из наиболее часто встречающихся переходов – сценарий Рюэля-Такенса. Хаотическое движение возникает в следствие появления дополнительной моды колебаний в динамической системе.
- *Спектры максимальных показателей Ляпунова в дробной нелинейной динамике.*  
Рассматривается понятие показателей Ляпунова. Движение динамической системы называется устойчивым если траектории несильно отличаются друг от друга. Поведение динамической системы можно охарактеризовать в терминах показателей Ляпунова и указать при каких значениях будет определен тип фазового портрета системы.
- *Хаос в динамической системе на примере системе Лоренца.*  
Произвести исследование хаотической динамики системы Лоренца.

№	Темы	Кол-во часов	Вид сам. работы
1	Самоорганизация в нелинейных динамических системах	2	Конспект, реферат
2	Расчет фрактальной размерности аттрактора	10	Конспект, реферат
3	Странные аттракторы	10	Конспект, реферат
4	Фракталы как модели физических систем	10	Конспект, реферат
5	Сценарий Рюэля-Такенса перехода к хаосу	10	Конспект, реферат
6	Спектры максимальных показателей Ляпунова в дробной нелинейной динамике	10	Конспект, реферат
7	Хаос в динамической системе на примере системе Лоренца	10	Конспект, реферат



## 7. Перечень вопросов на зачет

- Динамические системы. Моделирование динамических систем.
- Движение в поле потенциальных сил. Нелинейный осциллятор.
- Нелинейный осциллятор Ван дер Поля.
- Странный аттрактор системы Лоренца.
- Топологическая эквивалентность динамических систем.
- Классификация особых точек. Поведение вблизи особых точек.
- Устойчивость особых точек. Устойчивость по Ляпунову.
- Орбитальная устойчивость. Устойчивость периодических решений.
- Бифуркации нелинейных динамических систем.
- Бифуркация смены устойчивости.
- Бифуркация "седло-узел". Складка. Сборка.
- Бифуркация удвоения периода.
- Детерминированный хаос. Система Лоренца.
- Переход к хаосу через удвоение периода.
- Переход к хаосу через перемежаемость.
- Эргодические системы.
- Перемешивающие системы.
- Странные аттракторы. Фрактальные свойства странного аттрактора.
- Фракталы. Примеры фрактальных множеств.
- Фрактал как самоподобный объект.
- Движение в центральном поле. Циклические координаты.
- Законы сохранения и инвариантность гамильтониана. Фазовые портреты гамильтоновых систем.
- Вполне интегрируемые системы. Скобки Пуассона. Условно периодическое движение.
- Резонансные и нерезонансные торы в фазовом пространстве.
- Понятие орбитальной устойчивости.
- Пример бифуркации сепаратрис.
- Параметрический резонанс.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 8.1. Основная учебная литература:

- Методы качественной теории в нелинейной динамике. Ч.1 / Л.П. Шильников [и др.].. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 416 с. — ISBN 978-5-4344-0744-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91959.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Методы качественной теории в нелинейной динамике. Ч.2 / Л.П. Шильников [и др.].. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных

исследований, 2019. — 548 с. — ISBN 978-5-4344-0745-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91960.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

- Аврамов К.В. Нелинейная динамика упругих систем. Т.1. Модели, методы, явления / Аврамов К.В., Михлин Ю.В.. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 716 с. — ISBN 978-5-4344-0600-0 (т.1), 978-5-4344-0599-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92107.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
- Аврамов К.В. Нелинейная динамика упругих систем. Т.2. Приложения / Аврамов К.В., Михлин Ю.В. — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. — 700 с. — ISBN 978-5-4344-0601-7 (т.2), 978-5-4344-0599-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92108.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Краснопольская Т.С. Регулярная и хаотическая динамика систем с ограниченным возбуждением / Краснопольская Т.С., Швец А.Ю.. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 280 с. — ISBN 978-5-4344-0672-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91996.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

## 8.2. Дополнительная учебная литература:

- Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М. – Физматлит, 2000. 298 с.
- Современные проблемы хаоса и нелинейности / К. Симо [и др.].. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2002. — 304 с. — ISBN 5-93972-099-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/17655.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Нелинейность. От колебаний к хаосу : задачи и учебные программы / А.П. Кузнецов [и др.].. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2006. — 188 с. — ISBN 5-93972-514-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/16576.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Заславский Г.М. Гамильтонов хаос и фрактальная динамика / Заславский Г.М.. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2010. — 472 с. — ISBN 978-5-93972-834-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/16509.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Ганиев Р.Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность и бесшумность / Ганиев Р.Ф.. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2013. — 592 с. — ISBN 978-5-93972-960-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:

<http://www.iprbookshop.ru/28905.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

- Дмитриев А.В. Регулярная и хаотическая динамика социально-экономических систем : монография / Дмитриев А.В.. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 160 с. — ISBN 978-5-4344-0375-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/69366.html> (дата обращения: 30.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### 8.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Электронно-информационная среда вуза (Moodle) - <http://moodle3.kamgu.ru>
2. Учебно-методические материалы для студентов физико-математического факультета - <http://fizmatkamgu.ru/yymm/>
3. Научная электронная библиотека Elibrary.ru – <http://elibrary.ru>
4. Математический портал Math-Net – <http://mathnet.ru>
5. Академия Google - <https://scholar.google.ru/>
6. видеолекции на канале Постнаука youtube.com

### 8.4. Информационные технологии:

Компьютерная программа символьной математики Maple и программа FRACTAN.

## 9. Формы и критерии оценивания учебной деятельности студента

На основании разработанной компетентностной модели выпускника образовательные цели представлены в виде набора компетенций как планируемых результатов освоения образовательной программы. Определение уровня достижения планируемых результатов освоения образовательной программы осуществляется посредством оценки уровня сформированности компетенции и оценки уровня успеваемости обучающегося по пятибалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено»).

Основными критериями оценки в зависимости от вида работы обучающегося являются: сформированность компетенций (знаний, умений и владений), степень владения профессиональной терминологией, логичность, обоснованность, четкость изложения материала, ориентирование в научной и специальной литературе.

### Критерии оценивания уровня сформированности компетенций и оценки уровня успеваемости обучающегося

#### Текущий контроль

Уровень сформированности компетенции и	Уровень основание модулей дисциплины (оценка)	Критерии оценивания отдельных видов работ обучающихся	
		Устный опрос, сообщение по вопросам семинарских (практических) занятий	Решение задач; составление задач; работа над обобщающими

			<b>вопросами.</b>
Высокий	Отлично	<p>Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков). Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.</p>	Верно решено от 91 до 100 % заданий (задач)
Базовый	Хорошо	<p>Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стил ь изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками. Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.</p>	Верно решено от 76 до 90 % заданий (задач)
Пороговый	Удовлетворительно	<p>Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность</p>	Верно решено от 50 до 75 % заданий (задач)

Компетенции не сформированы	Неудовлетворительно	<p>изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков), вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.</p> <p>Оценивается ответ студента, представляющей собой разрозненные знания с существенными ошибками. Ответ фрагментарен, нелогичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, методическая терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знания, умения, навыки) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют. Либо ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы.</p>	Верно решено верно менее 50 % заданий (задач)
-----------------------------	---------------------	---	---

### Промежуточная аттестация

Уровень сформированности компетенции	Уровень освоения дисциплины	Критерии оценивания обучающихся (работ обучающихся)  Зачет
Высокий	Зачтено (отлично)	Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие исчерпывающие знания всего

		<p>программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине. Студентом могут быть допущены отдельные недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно.</p>
Базовый	Зачтено (хорошо)	<p>Оценивается ответ студента, которым даны полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Студентом продемонстрированы глубокие знания всего программного материала, понимание существенных и несущественных признаков, причинно-следственные связи, твердое знание основных положений смежных дисциплин. Ответ логически последователен, содержателен. Стиль изложения материала научный с использованием методической терминологии. Студентом продемонстрирована в целом успешная сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине, вместе с тем имеют место отдельные пробелы в умении, студент не вполне осознанно, владеет навыками. Студентом могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки.</p>
Пороговый	Зачтено (удовлетворительно)	<p>Оценивается ответ студента, которым даны недостаточно полные и развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы. Логика и последовательность изложения нарушены. Допущены ошибки в определении употреблении понятий. Студент с затруднением самостоятельно выделяет существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи.</p>

Компетенции не сформированы	Не зачтено (Неудовлетворительно)	<p>Речевое оформление требует поправок, коррекции. Студентом в целом продемонстрирована сформированность компетенций (знаний, умений, навыков) по дисциплине, вместе с тем имеют место несистематическое использование умений и фрагментарные навыки.</p> <p>Ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказывается от ответа на поставленные вопросы или ответ представляет разрозненные знания с существенными ошибками. Ответ фрагментарен и не логичен. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами дисциплины. Отсутствуют конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, методическая терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. Компетенции (знаний, умений, навыков) по дисциплине не сформированы: теоретические знания имеются, но они разрознены, умения и навыков отсутствуют.</p>
-----------------------------	-------------------------------------	---

#### 10. Материально-техническая база

Аудитория вместимостью не менее 20 человек для лекционных и практических занятий, компьютеры с установленным программным обеспечением Maple и FRACTAN, а также оснащенный современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации (проектор), получения и передачи электронных документов.