



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Огнев А.В.

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента  
общей и экспериментальной  
физики



«15» декабря 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Элементы теории фракталов в магнетизме**

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

(Прикладная физика (совместно с НИЦ "Курчатовский институт" и ИАПУ ДВО РАН))

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 1

лекции – 16 час.

практические занятия - 0 час.

лабораторные работы – 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 0 /лаб. 18 час.

всего часов аудиторной нагрузки 34 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 38 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 0 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 1 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 914.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

И.о. директора департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ к.х.н. Короченцев В.В.

Составитель: доц. Огнев А.В.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель:** изучение теоретической базы для исследования фрактальных структур, обладающих магнитными свойствами.

### Задачи:

- познакомить студентов с основными принципами фрактальной физики;
- освоить теоретическую базу для исследования фракталов;
- научить студентов методам исследования магнитных систем типа спиновый лед.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	<b>ПК-1</b> Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива
	<b>ПК-2</b> Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	Знает алгоритм постановки цели и задач научного исследования
	Умеет формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний
	Владеет навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	Знает современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов
	Умеет применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов
	Владеет навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	Знает основы научно-исследовательской деятельности
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов
	Владеет современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности
ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач
	Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи
	Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты	Знает методику проведения научного исследования
	Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу
	Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования

## 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы 72 академических часа, в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 38 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
-------------	--

Лек	Лекции
Лб	Лабораторные занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль из часов на СР	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Тема 1. Основные положения теории фракталов. Классификация и примеры фрактальных объектов	1	4	18			8	Зачет	
2	Тема 2. Фракталы в задаче перколяции. Фрактальные структуры в моделях с агрегацией, ограниченной диффузией	1	4				10		
3	Тема 3. Способы определения фрактальной размерности множества	1	4				10		
4	Тема 4. Связь фрактальной геометрии и теории динамического хаоса. Основы теории динамического хаоса. Понятие аттрактора и фазового пространства	1	4				10		
	Итого:		16	18			38		

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание темы
1	Тема 1. Основные положения теории фракталов. Классификация и примеры фрактальных объектов	Введение в теорию фракталов. Основные отличия гладких объектов евклидовой геометрии от природных объектов. Определение фрактала по Б. Мандельброту. Рассмотрение естественных фракталов на примере береговой линии. Понятие размерности гладких и фрактальных объектов. Классификация фрактальных объектов (математические и физические фракталы, подкатегории). Основные математические фракталы: «пыль» Кантора, «снежинка» Коха, «салфетка» Серпинского, определение их размерности. Нарушение законов евклидовой геометрии на примере соотношения периметров и площадей фрактальных «шестиугольников». Примеры естественных фрактальных объектов.
2	Тема 2. Фракталы в задаче перколяции. Фрактальные структуры в моделях	Рассмотрение задачи перколяции на квадратной решетке. Задача перколяции по узлам и по связям. Определение порога перколяции. Появление фрактальных кластеров при достижении порога перколяции. Закон распределения размеров кластеров.

	с агрегацией, ограниченной диффузией	Рассмотрение задачи перколяции на решетках различной структуры. Ограниченная диффузией агрегация. Получение фрактальных структур при случайном блуждании частиц и последующем «прилипании» к уже полученному кластеру. Разновидности, модификации.
3	Тема 3. Способы определения фрактальной размерности множества	Экспериментальные способы определения фрактальной размерности. Логарифмические оси. Методика Грассбергера-Прокаччо. Информационная размерность. Корреляционная размерность, корреляционный интеграл. Спектр размерностей Реньи. Мультифрактальные множества. Виды фрактальности. Фрактальность геометрическая и фрактальность структурная. Древесные графы как пример объекта со структурной фрактальностью. Фрактальная размерность как отношение энтропий.
4	Тема 4. Связь фрактальной геометрии и теории динамического хаоса. Основы теории динамического хаоса. Понятие аттрактора и фазового пространства	Основные понятия теории динамического хаоса. Основные свойства хаоса. Нелинейность и детерминированность. Фракталы как результат функционирования нелинейных динамических систем. Понятие о фазовом пространстве. Устойчивость траекторий в фазовом пространстве. Зависимость от начальных условий. Способы задания поведения хаотических систем (потoki, каскады). Описание динамических систем через системы дифференциальных уравнений. Численное решение системы дифференциальных уравнений. Понятие о традиционных (фокус, цикл, тор) и странных аттракторах.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование темы занятия	Содержание темы занятия
1	Построение Н-фрактала с модификациями	<u>Лабораторная работа 1.</u> Фрактал строится следующим образом. Вначале выбирается стартовая точка, от которой происходит рост фрактала. Она является центром, корнем всего будущего объекта. Далее в эту точку помещается конструкция, похожая на букву «Н» таким образом, что точка оказывается на середине горизонтального отрезка. Длину горизонтального отрезка можно выбрать в два раза большей, чем длины вертикальных. На этом шаге образуются 4 новые точки ветвления (это концы вертикальных боковых отрезков). Далее уже в этих точках строятся 4 конструкции, напоминающие букву «Н». Они уменьшены по сравнению с первоначальной конструкцией в некоторое заданное число раз (коэффициент масштабирования). Построить Н-фрактал до 5 итерации включительно. Коэффициент масштабирования выбрать равным 0,46. Провести эксперименты с различными коэффициентами масштабирования, как меньшими, так и большими 0,5. Объяснить полученные результаты. Ввести случайную компоненту при построении каждого из

		<p>отрезков. Величину случайной составляющей выбрать самостоятельно. Пронаблюдать результат.</p> <p>Ввести случайную компоненту при выборе коэффициента масштабирования для каждой <math>N</math>-конструкции. Величину случайной составляющей выбрать самостоятельно. Пронаблюдать результат.</p>
2	<p>Построение «ковра» Серпинского с модификациями</p>	<p><u>Лабораторная работа 2.</u></p> <p>Используется методика, известная под названием «игра в хаос». Вначале выбирается некоторая случайная точка, также можно задать ее самостоятельно. Для удобства можно задать ее положение внутри равностороннего треугольника. Случайным образом выбирается одна из трех вершин треугольника (с равной вероятностью). Новая точка строится на середине отрезка, соединяющего первоначальную точку и выбранную вершину. На следующем шаге уже только что полученная точка мысленно соединяется отрезком с вновь случайно выбранной вершиной, и на середине этого отрезка строится очередная точка. Данный процесс итеративно повторяется. Предельное множество, получаемое при бесконечном повторении описанного процесса, является «ковром» Серпинского.</p> <p>Пользуясь данной процедурой, построить «ковер» Серпинского. Число точек вначале выбрать равным 1000, потом 10000, далее 50000.</p> <p>Построить фрактал, но вместо равностороннего треугольника использовать произвольный треугольник неправильной формы. Пронаблюдать результат.</p> <p>Модифицировать процедуру построения, сделав выбор вершин неравновероятным. Пронаблюдать полученный результат.</p> <p>Модифицировать процедуру, изменив коэффициент деления. Вместо середины отрезка (т.е. 0,5) можно взять другие значения, как большие, так и меньшие 0,5. Пронаблюдать полученный результат.</p> <p>Модифицировать процедуру, взяв вместо правильного треугольника правильный или неправильный выпуклый <math>n</math>-угольник (<math>n</math> выбирается самостоятельно). Пронаблюдать полученный результат. Сделать выводы.</p>
3	<p>Анализ случайных сигналов. Сравнение белого и коричневого шумов</p>	<p><u>Лабораторная работа 3.</u></p> <p>Истинным шумом является только белый шум, отсчеты которого абсолютно независимы. Он обладает также свойством дельта-коррелированности и равномерным спектром.</p> <p>Создать массив отсчетов сигнала, представляющего белый шум (не обязательно гауссовский). Построить гистограмму значений белого шума.</p> <p>Получить коричневый шум, проинтегрировав белый шум. В дискретной версии вычисление коричневого шума сводится к суммированию всех отсчетов белого шума вплоть до текущего момента.</p> <p>Вычислить спектры шумов при помощи быстрого преобразования Фурье. Вывести спектры белого и коричневого шумов на одном графике сначала в линейных, а затем в логарифмических осях. Определить скорость спадания</p>

		амплитудного спектра коричневого шума в децибелах на декаду.
4	Анализ случайных сигналов. Получение различных «цветных» шумов	<p><u>Лабораторная работа 4.</u></p> <p>Создать массив отсчетов сигнала, представляющего белый шум (не обязательно гауссовский).</p> <p>Продифференцировать белый шум, в результате получится т.н. фиолетовый шум. К какой операции сводится дифференцирование при рассмотрении дискретных сигналов? Вывести временные реализации шумов на одном графике.</p> <p>Создать временную реализацию розового шума (это т.н. фликкер-шум, шум мерцания) следующим образом. В спектральной области создать амплитудный спектр, компоненты которого убывают обратно пропорционально корню квадратному из частоты (это равнозначно тому, что спектр мощности спадает как <math>1/f</math>). Фазовые компоненты задать случайными в интервале от <math>-180</math> до <math>+180</math> градусов. При помощи обратного дискретного преобразования Фурье перевести спектр во временную область.</p> <p>Продифференцировать розовый шум.</p> <p>Проинтегрировать белый шум дважды. Получится сильно «черный» шум.</p> <p>Вычислить спектры всех шумов при помощи быстрого преобразования Фурье. Вывести спектры для всех шумов на одном графике сначала в линейных, а затем в логарифмических осях. Какова скорость изменения амплитудного спектра каждого из шумов, если ее выразить в децибелах на декаду?</p>

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение семестра	Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к лабораторным занятиям.	38 час.	УО-1 Собеседование ПР-6 Лабораторная работа
	ИТОГО		38 часов	

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

##### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма



обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

### ***Работа с литературой.***

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

*Самостоятельная работа включает в себя* повторение теоретического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе лекционных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины, подготовку к собеседованиям (устным опросам), подготовку к лабораторным занятиям.

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

### ***Подготовка к собеседованию (устному опросу).***

Собеседование проводится в форме блиц-опроса в рамках лекционных занятий по каждой теме дисциплины. При подготовке к блиц-опросу необходимо повторить теоретический материал, заслушиваемый и конспектируемый в ходе лекционных занятий по нужной теме дисциплины; изучить основную и дополнительную литературу.

***Подготовка к лабораторным работам.***

*Структура отчета по лабораторной работе*

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

✓ *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

✓ *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

### Оформление отчета по лабораторной работе

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;

✓ поля страницы – левое - 25-30 мм., правое - 10 мм., верхнее и нижнее - 20 мм.;

✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

## 5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы/ темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Темы 1-4	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	<i>Знает</i> алгоритм постановки цели и задач научного исследования <i>Умеет</i> формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний <i>Владеет</i> навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет
		ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и	<i>Знает</i> современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов <i>Умеет</i> применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов <i>Владеет</i> навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет

		наноматериалов	собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники		
		ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	<i>Знает</i> основы научно-исследовательской деятельности <i>Умеет</i> самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов <i>Владеет</i> современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет
2.	Темы 1-4	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну		<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет	
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты		<i>Знает</i> методику проведения научного исследования <i>Умеет</i> организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу <i>Владеет</i> навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

## 6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Кузнецов, С. П. Динамический хаос / С.П. Кузнецов. – М.: Физматлит, 2009. – 356 с. – ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:15812&theme=FEFU>

2. Махоркин, А. В. Математика фракталов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Махоркин А.В., Махоркин В.В. – Электрон. текстовые данные. – Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23794.html>. – ЭБС «IPRbooks».

3. Нелинейность. От колебаний к хаосу [Электронный ресурс]: задачи и учебные программы / А.П. Кузнецов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. – 188 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16576.html>. – ЭБС «IPRbooks».

4. Потапов, А. А. Новейшие методы обработки изображений / Потапов А.А., Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Пахомов А.А., Герман В.А. / Под ред. А.А. Потапова.– М.: Физматлит, 2009.- 496 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2703](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2703). – ЭБС «Лань»

5. Тренькин, А. А. Введение в теорию фракталов. Математические аспекты и некоторые физические приложения [Электронный ресурс]: учебное издание / А.А. Тренькин. – Электрон. текстовые данные. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2009. – 40 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60841.html>. – ЭБС «IPRbooks».

### Дополнительная литература

1. Арнольд, В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд. М.: Либроком, 2009. – 136 с. – ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:48864&theme=FEFU>

2. Ланда, П. С. Нелинейные колебания и волны / П. С. Ланда. – М.: Либроком, 2010. – 395 с. – ЭК НБ ДВФУ:  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:22224&theme=FEFU>

3. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: учебное пособие / С. В. Поршневу. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 726 с. – ЭК НБ ДВФУ:  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307438&theme=FEFU>

4. Практикумы по дисциплине Сжатие сигналов с применением теории фракталов [Электронный ресурс] / – Электрон. текстовые данные.– М.: Московский технический университет связи и информатики, 2014. – 36 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61542.html>. – ЭБС «IPRbooks».

5. Стратонович, Р. Л. Случайные процессы в динамических системах / Р. Л. Стратонович. М.–Ижевск: РХД, 2009. – 592 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17654> – ЭБС «IPRbooks».

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Журнал “Nanotechnology”. Издательство Institute of Physics (IOP Publishing) <http://iopscience.iop.org/journal/0957-4484>

2. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов <http://thesaurus.rusnano.com/>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине требуется один из пакетов математического моделирования (MathCAD, MATLAB и др.) или их свободно распространяемые аналоги. Также для проведения простых расчетов и построения графиков может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office).

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются собеседование, лабораторные работы.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 1 семестра.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**



ДФУ располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет.

Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

<b>Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины</b> Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно. АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно. MathCad Education University Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с

		<p>30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно. Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г. Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно. Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
--	--	---

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## 9. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	Знает алгоритм постановки цели и задач научного исследования
	Умеет формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний
	Владеет навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	Знает современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов
	Умеет применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов
	Владеет навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе	Знает основы научно-исследовательской деятельности
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
научного коллектива	Владеет современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности
ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач
	Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи
	Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты	Знает методику проведения научного исследования
	Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу
	Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования

№ п/п	Контролируемые разделы/ темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование		
				текущий контроль	промежуточная аттестация	
1.	Темы 1-4	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	<i>Знает</i> алгоритм постановки цели и задач научного исследования <i>Умеет</i> формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний <i>Владеет</i> навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет	
		ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	<i>Знает</i> современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов <i>Умеет</i> применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов <i>Владеет</i> навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4		Зачет
		ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые	<i>Знает</i> основы научно-исследовательской деятельности <i>Умеет</i> самостоятельно выбирать эффективные методы решения	УО-1 Собеседование  ПР-6		

		научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов <i>Владеет</i> современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности	лабораторная работа 1-4	Зачет
2.	Темы 1-4	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну		<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет	
ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты		<i>Знает</i> методику проведения научного исследования <i>Умеет</i> организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу <i>Владеет</i> навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-4	Зачет	

**Текущая аттестация студентов по дисциплине** проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

- степень усвоения теоретических знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для текущего контроля используется проверка отчетов по каждому лабораторному занятию.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. Собеседование (УО-1).
2. Лабораторная работа (ПР-6).

**Собеседование (УО-1)** - средство контроля, организованное как специальная беседа (блиц-опрос) преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенным темам.

Собеседование проводится в форме блиц-опроса в рамках лекционных занятий по каждой теме дисциплины. При подготовке к блиц-опросу необходимо повторить теоретический материал, заслушиваемый и конспектируемый в ходе лекционных занятий по теме дисциплины; изучить основную и дополнительную литературу.

### **Примерные вопросы для собеседований (блиц-опросов)**

#### **Тема 1.**

1. Основные отличия гладких объектов евклидовой геометрии от природных объектов.
2. Определение фрактала по Б. Мандельброту.
3. Понятие размерности гладких и фрактальных объектов.
4. Классификация фрактальных объектов.
5. Основные математические фракталы, определение их размерности.
6. Нарушение законов евклидовой геометрии на примере соотношения

периметров и площадей фрактальных «шестиугольников».

7. Примеры естественных фрактальных объектов.

### **Тема 2.**

1. Задача перколяции на квадратной решетке.
2. Задача перколяции по узлам и по связям.
3. Определение порога перколяции.
4. Появление фрактальных кластеров при достижении порога перколяции.
5. Закон распределения размеров кластеров.
6. Задача перколяции на решетках различной структуры.
7. Ограниченная диффузией агрегация.

### **Тема 3.**

1. Логарифмические оси.
2. Методика Грассбергера-Прокаччо.
3. Информационная размерность.
4. Корреляционная размерность, корреляционный интеграл.
5. Спектр размерностей Реньи.
6. Мультифрактальные множества.
7. Виды фрактальности.
8. Фрактальность геометрическая и фрактальность структурная.

### **Тема 4.**

1. Основные понятие теории динамического хаоса.
2. Основные свойства хаоса.
3. Нелинейность и детерминированность.
4. Фракталы как результат функционирования нелинейных динамических систем.
5. Понятие о фазовом пространстве.
6. Устойчивость траекторий в фазовом пространстве.
7. Способы задания поведения хаотических систем (потoki, каскады).
8. Понятие о традиционных (фокус, цикл, тор) и странных аттракторах.

### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание понятийно-терминологического аппарата, умение им пользоваться при ответе.

### **Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Ответ показывает прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные и дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме раздела.	100 – 86 Зачтено
Базовый	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные вопросы, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме раздела.	85-76 Зачтено
Пороговый	Ответ, свидетельствующий в основном о знании понятий изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия вопроса; знании основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на часть основных или дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме раздела.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Ответ, обнаруживающий незнание понятий изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием вопроса; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Студент не ответил на вопросы, заданные преподавателем по теме раздела, либо допустил множество ошибок в ответе.	60-0 Не зачтено

**Лабораторная работа (ПР-6)** – средство для закрепления и практического освоения материала по темам дисциплины.

Цель лабораторных работ – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения практических задач в области теории фракталов в магнетизме, умений и навыков пользоваться физическими подходами и методами для осуществления профессиональной деятельности.

Во всех лабораториях существуют особые правила поведения студентов, которые необходимо неукоснительно соблюдать – правила техники безопасности. За знание правил техники безопасности и обязательство их выполнять каждый студент должен расписаться в соответствующем журнале.

Домашнюю подготовку к работе рекомендуется вести следующим образом. Прочитать имеющееся описание работы и отметить возникшие вопросы и неясности. Затем прочитать соответствующие разделы по учебникам или конспектам лекций. После этого снова вернуться и к описанию, подробно проработать его и особенно часть, посвященную практике, составить и записать примерный план проведения эксперимента.

Обработка результатов и оформление отчета проводится в течение недели после выполнения работы. Студент, не сдавший отчета в срок, к следующей работе не допускается.

#### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Выполнение лабораторной работы осуществляется студентом самостоятельно в часы лабораторных занятий.

При оценке работы студента преподаватель учитывает все этапы работы студента над отчетом. Если отчет не был принят преподавателем и возвращен для доработки, то все исправления вносятся в тот же экземпляр отчета.

При оценке учитывается правильность выполнения отчета. Выставляется дифференцированный зачет.

#### ***Критерии оценки:***



Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	<p>Студент показал прочные знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в соответствии с требованиями, структурирован, не содержит ошибок; правильно и полно сформулирован вывод по работе.</p>	<p>100 – 86 Зачтено (отлично)</p>
Базовый	<p>Студент показал знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном – в соответствии с требованиями, структурирован; правильно и полно сформулирован вывод по работе. Допускаются не более 2-х недочетов в оформлении отчета.</p>	<p>85-76 Зачтено (хорошо)</p>
Пороговый	<p>Студент показал базовые знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, демонстрирует, в целом, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент в целом показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном в соответствии с требованиями, не содержит грубых ошибок, вывод по работе сформулирован.</p>	<p>75-61 Зачтено (удовлетворительно)</p>

<p>Уровень не достигнут</p>	<p>Студент не выполнил лабораторную работу, либо показал незнание основных понятий, сущности явлений, рассматриваемых в работе, демонстрирует плохое знание или незнание методов, методики обработки результатов. Слабо сформировано или не сформировано умение работать с приборами, отсутствуют выводы по результатам работы. Отчет не соответствует требованиям, не сделан или сделан с грубыми ошибками.</p>	<p>60-0 Не зачтено (неудовлетворительно)</p>
-----------------------------	--	--

**Промежуточная аттестация студентов** по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Форма отчётности по дисциплине – зачёт (1-й, осенний семестр). Студент допускается к зачёту после получения положительных оценок за собеседования (блиц-опросы), лабораторные работы, выполненные в течение семестра (оценочные средства для текущего контроля). Зачёт по дисциплине проводится в форме собеседования.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

### Вопросы к зачету

1. Основные отличия гладких объектов евклидовой геометрии от природных объектов.
2. Определение фрактала по Б. Мандельброту.
3. Понятие размерности гладких и фрактальных объектов.
4. Классификация фрактальных объектов.
5. Основные математические фракталы, определение их размерности.
6. Нарушение законов евклидовой геометрии на примере соотношения периметров и площадей фрактальных «шестиугольников».
7. Примеры естественных фрактальных объектов.
8. Задача перколяции на квадратной решетке.
9. Задача перколяции по узлам и по связям.
10. Определение порога перколяции.
11. Появление фрактальных кластеров при достижении порога перколяции.
12. Закон распределения размеров кластеров.
13. Задача перколяции на решетках различной структуры.
14. Ограниченная диффузией агрегация.

15. Логарифмические оси.
16. Методика Грассбергера-Прокаччо.
17. Информационная размерность.
18. Корреляционная размерность, корреляционный интеграл.
19. Спектр размерностей Реньи.
20. Мультифрактальные множества.
21. Виды фрактальности.
22. Фрактальность геометрическая и фрактальность структурная.
23. Основные понятие теории динамического хаоса.
24. Основные свойства хаоса.
25. Нелинейность и детерминированность.
26. Фракталы как результат функционирования нелинейных динамических систем.
27. Понятие о фазовом пространстве.
28. Устойчивость траекторий в фазовом пространстве.
29. Способы задания поведения хаотических систем (потoki, каскады).
30. Понятие о традиционных (фокус, цикл, тор) и странных аттракторах.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<i>«зачтено»</i>	Студент показывает глубокое и систематическое знание программного материала и структуры конкретного вопроса. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы. Логически корректное и убедительное изложение ответа.
<i>«не зачтено»</i>	Незнание, либо отрывочное представление пройденного программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине

Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: собеседование)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b>	Отсутствие	В целом успешное, но	В целом успешное,	Успешное и

<i>(виды оценочных средств: лабораторная работа)</i>	умений	не систематическое умение	но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач