

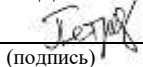


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

  
(подпись)

П.С. Петров  
(Ф.И.О.)

« 18 » января 2022 г.



«УТВЕРЖДА

Ю»

Директор Департамента наук о Земле

  
(подпись)

И.А.Лисина  
(Ф.И.О.)

« 18 » января 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Колебания и волны в океане

**Направление подготовки 05.04.05 Прикладная гидрометеорология**  
магистерская программа «Цифровые технологии и средства мониторинга и  
освоения Мирового океана (совместно с ТОИ ДВО РАН)»

**Форма подготовки: очная**

курс 2 семестр 3

лекции 27 час.

практические занятия 0 час.

лабораторные работы 36 час.

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

всего часов аудиторной нагрузки 63 час.

в том числе с использованием МАО 0 час.

самостоятельная работа 117 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

контрольные работы (количество) –

курсовая работа/курсовой проект –

зачет с оценкой – 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 05.04.05 Прикладная гидрометеорология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 07 августа 2020 г. № 888.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента наук о Земле № 6 от «18» января 2022 г.

Составитель: д.ф.-м.н., Макаров Д.В.

## Оборотная сторона титульного листа РПД

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании и утверждена на заседании Департамента наук о Земле, протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_**

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

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании и утверждена на заседании Департамента наук о Земле, протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_**

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

**Цель** изучения дисциплины – формирование профессиональных компетенций будущих специалистов, которые будут задействованы как в морских научных экспедициях, так и в моделировании процессов, происходящих в океане. Ключом к достижению этой цели является изучение основных законов теории колебаний и волн, включая их математические формулировки.

**Задачи:**

По окончании курса студент должен знать:

- терминологию дисциплины;
- основы теории линейных и нелинейных колебаний, а также волновой теории;
- дисперсионные характеристики океанических волн различной физической природы;
- основы качественной теории динамических систем;
- механизмы возникновения неустойчивостей в колебательных и волновых системах;
- методы моделирования стохастических колебаний;
- математические методы теории колебаний и волн.

Студент должен уметь:

- строить фазовый портрет колебательной системы;
- оценивать амплитуду и частоту колебаний и волн;
- вычислять дисперсионные характеристики;
- анализировать устойчивость динамики;
- проводить статистическое моделирование колебательной и волновой динамики.

Для успешного освоения дисциплины «Колебания и волны в океане» студент должен:

**Знать:** основы общей физики, дифференциального и интегрального исчисления.

**Уметь:** выполнять математические преобразования.

**Владеть:** основными навыками интуитивного восприятия процессов, происходящих в окружающем мире.

В результате данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач профессиональной деятельности:	Код и наименование профессиональной компетенции	Индикаторы достижения компетенции
--	---	-----------------------------------

<b>научно-исследовательский</b>	ПК-1 Способен выполнять измерение с использованием современных приборов, цифровизировать, анализировать и представлять графически их результаты	ПК-1.3 Владеет различными методами графического представления наборов данных натуральных измерений и приемами визуального анализа таких данных
	ПК-2 Способен формировать математические модели природных процессов в океане, анализировать динамику процессов с использованием модели, прогнозировать развитие процессов	ПК-2.1 Умеет использовать основные физические законы и теории для вывода уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере  ПК-2.2 Владеет основными математическими методами решения уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения)
ПК-1.3 Владеет различными методами графического представления наборов данных натуральных измерений и приемами визуального анализа таких данных	Знать: основные форматы и программы для графического представления данных измерений
	Уметь: применять на практике графические программы для представления конкретных наборов данных
	Владеть: навыками визуализации результатов научных исследований и создания наборов изображений для статей и научных отчетов
ПК-2.1 Умеет использовать основные физические законы и теории для вывода уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере	Знать: основные физические законы и теории, описывающие динамику процессов в океане и атмосфере
	Уметь: соотносить физические законы и теории с конкретным исследуемым процессом или явлением
	Владеть: навыками применения физических законов и теорий к количественному описанию конкретных явлений или процессов
ПК-2.2 Владеет основными математическими методами решения уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере	Знать: существующие математические методы для решения уравнений динамики океана и атмосферы
	Уметь: вычислять конкретные решения уравнений динамики океана и атмосферы для решения практической задачи
	Владеть: навыками прогнозирования и анализа динамики процессов и явлений в океане и атмосфере с использованием их математических моделей

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц (180 академических часов), (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
Лаб	Лабораторные работы
СР:	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Кон трол ь	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	О К	СР		
	Колебания и волны в океане	3	27	36	0	0	117		Зачет с оценкой
	Итого:		27	36	0	0	117		

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (27 часов)

1. Общее представление о динамических системах. Траектория. Фазовое пространство. Гамильтоновы и диссипативные системы. Теорема Лиувилля. Маломерные динамические системы. Переменные действие-угол (2 часа).
2. Приближенные методы. Теория возмущений. Проблема малых знаменателей. Метод усреднения. Адиабатические инварианты (2 часа).

3. Теория Колмогорова-Арнольда-Мозера. Нелинейный резонанс. Отображение Пуанкаре. Особые точки и периодические орбиты. Иерархия и фрактальная структура резонансов. Вырожденный резонанс (2 часа).
4. Возникновение хаоса в гамильтоновых системах. Неустойчивость по Ляпунову. Расщепление сепаратрис и критерий Мельникова. Критерий Чирикова. Отображение Смейла. Перемешивание и его связь с локальной неустойчивостью. Энтропия Колмогорова-Синяя. Транспортные барьеры. Возвраты Пуанкаре (2 часа).
5. Бифуркации. Индексы Пуанкаре. Хаос в отображениях. Каскад бифуркаций. Сценарий Фейгенбаума (2 часа).
6. Поведение колебательной системы при многочастотном возмущении. Стохастическое возмущение. Уравнение Ланжевена. Показатели Ляпунова на конечном временном интервале и перемежаемость. Обыкновенные и стохастические дифференциальные уравнения (2 часа).
7. Основы теории случайных процессов. Корреляционные функции. Теорема Винера-Хинчина. Диффузия. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова (2 часа).
8. Кинетика в фазовом пространстве. Аномальная диффузия. Слабое нарушение эргодичности. Сравнение детерминированных хаотических систем и систем с шумами. Транспортные барьеры при воздействии случайного возмущения (2 часа).
9. Хаос в диссипативных системах. Регулярные и хаотические аттракторы. Фрактальная размерность аттрактора. Перемежаемость в диссипативных системах (2 часа).
10. Непротягивающие хаотические множества. Границы бассейнов притяжения. Хаотическое рассеяние (2 часа).
11. Временные ряды. Теорема Такенса. Восстановление структур в фазовом пространстве по временным рядам (2 часа).
12. Анализ пространственно-временных полей. Почти инвариантные множества. Ляпуновские карты. Эмпирические ортогональные функции. Нелинейные динамические моды (2 часа).
13. Колебания в цепочках связанных осцилляторов. Предельный переход к сплошной среде (2 часа).
14. Дисперсия. Групповая скорость и энергия волн (1 час).

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Лабораторные работы (36 часов)**

- Занятие 1.** Маломерные гамильтоновы системы. Переменные действие-угол. (2 часа).
- Занятие 2.** Метод усреднения. Метод Пуанкаре-Цейпеля. (2 часа).
- Занятие 3.** Отображение Пуанкаре для динамики пассивных трассеров в поле потока, набегającego на вихрь (2 часа).
- Занятие 4.** Моделирование деформации лагранжевых многообразий в хаотическом море (2 часа).
- Занятие 5.** Моделирование фракталов с помощью отображений (2 часа).
- Занятие 6.** Задача о хаотическом рассеянии (2 часа).
- Занятие 7.** Моделирование динамических систем с шумами (2 часа).

- Занятие 8.** Задача о пассивной примеси в случайном поле скоростей (2 часа).
- Занятие 9.** Задача о пассивных трассерах в поле меандрирующего течения при случайном воздействии (2 часа).
- Занятие 10.** Задача о пассивных трассерах в поле меандрирующего течения при случайном воздействии (2 часа).
- Занятие 11.** Модель Лоренца (2 часа).
- Занятие 12.** Аномальная диффузия(2 часа).
- Занятие 13.** Анализ временных рядов. Восстановление аттракторов (2 часа).
- Занятие 14.** Анализ пространственно-временной изменчивости океана с помощью выделения главных компонент (2 часа).
- Занятие 15.** Вычисление линейных и нелинейных дисперсионных характеристик (2 часа).
- Занятие 16.** Методы численного решения волновых уравнений. Численное моделирование поверхностных волн (2 часа).
- Занятие 17.** Нелинейное уравнение Шредингера (2 часа).
- Занятие 18.** Уравнение Кортевега-де Вриза (2 часа).

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Колебания и волны в океане» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

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

<b>№ п/п, название</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнении</b>	<b>Форма контроля</b>
1. Общее представление о динамических системах. Траектория. Фазовое пространство. Гамильтоновы и	Третья неделя семестра	ИДЗ	2 недели	Устный опрос

диссипативные системы. Теорема Лиувилля. Маломерные динамические системы. Переменные действие-угол.				
2. Приближенные методы. Теория возмущений. Проблема малых знаменателей. Метод усреднения. Адиабатические инварианты.	Четвертая неделя семестра	ИДЗ	1 неделя	Устный опрос
3. Возникновение хаоса в гамильтоновых системах. Неустойчивость по Ляпунову. Расщепление сепаратрис и критерий Мельникова. Критерий Чирикова. Отображение Смейла. Перемешивание и его связь с локальной неустойчивостью. Энтропия Колмогорова-Синяя. Транспортные барьеры. Возвраты Пуанкаре.	Шестая неделя семестра	ИДЗ	1 неделя	Устный опрос
4. Бифуркации. Индексы Пуанкаре. Хаос в отображениях. Каскад бифуркаций. Сценарий Фейгенбаума.	Седьмая неделя семестра	ИДЗ	3 неделя	Устный опрос
5. Поведение колебательной системы при многочастотном возмущении. Стохастическое возмущение. Уравнение Ланжевена. Показатели Ляпунова на конечном временном интервале и перемежаемость. Обыкновенные и стохастические дифференциальные уравнения.	Десятая неделя семестра	ИДЗ	2 недели	Устный опрос
6. Кинетика в фазовом пространстве. Аномальная диффузия. Слабое нарушение эргодичности. Сравнение детерминированных хаотических систем и систем с шумами. Транспортные барьеры при воздействии случайного возмущения.	Пятнадцатая неделя семестра	ИДЗ	2 недели	Устный опрос
7. Подготовка к зачету	Последняя неделя	ИДЗ	1 неделя	Итоговое тестирование

### Критерии оценивания

В течение семестра студентам последовательно выдается набор из 4-х лабораторных работ, каждая из которых имеет вес от 15% до 20%. Для



получения зачета с оценкой «отлично» необходимо иметь итоговый балл не ниже 80%, зачета с оценкой «хорошо» – необходимо иметь итоговый балл не ниже 65%, зачета с оценкой «удовлетворительно» – необходимо иметь итоговый балл не ниже 50%,

### ***Характеристика заданий самостоятельной работы***

Самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала магистрантов и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации;
- разработке учебного программного продукта;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих семинарах и олимпиадах;
- анализе научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

### ***Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине***

1. Изучение аспектов теории, не уложившихся в лекции.
2. Разработка алгоритмов и программ при выполнении лабораторных работ.
3. Подготовка к зачету.

### ***Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы***

1. Устный ответ по указанной теме.
2. Исходный код программ заданий по соответствующим темам.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя.

Критерии оценки:

1. Обзор литературных источников (10 баллов)
2. Качество устного изложения содержания темы (10 баллов)
3. Выполнение каждого лабораторного задания (10 баллов)

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Изучение дисциплины «Колебания и волны в океане» предусматривает:

- изучение теоретического материала в соответствии с программой, с использованием материала из списка литературы и информационно-методического обеспечения дисциплины;
- *текущий контроль* – учет посещения студентами занятий в течение периода обучения и оценка своевременности и качества изучения студентами темы на практических занятиях.
- *итоговый контроль* – выведение итоговой оценки по результатам сдачи экзамена.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Колебания и волны в океане	ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2	Владеет различными методами графического представления наборов данных натурных измерений и приемами визуального анализа таких данных	УО-1	Зачет с оценкой
			Умеет использовать основные физические законы и теории для вывода уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере	ПР-6	
			Владеет основными математическими методами решения уравнений, описывающих динамику различных процессов в океане и атмосфере	ПР-6	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература (электронные и печатные издания)**

1. Океанология. Физика океана. Т. 1 Гидрофизика океана / под ред. В.М. Каменковича и А.С. Монины – М.: Наука, 1978. – 455с.
2. Океанология. Физика океана. Т. 2 Гидродинамика океана / под ред. В.М. Каменковича и А.С. Монины – М.: Наука, 1978. – 455с.
3. Гилл, А. Динамика атмосферы и океана. Т 1 / М.: Мир, 1986 – 397 с.
4. Архипкин, В.С., Добролюбов, С.А. Основы гидродинамики морской воды: Учебное пособие / В.С. Архипкин, С.А. Добролюбов – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 154 с.
5. Воробьев, В.Н., Смирнов, Н.П. Общая океанология / В.Н. Воробьев, Н.П. Смирнов – СПб.: РГГМУ, 1999 – 230 с.
6. Ерлов, Н.Г. Оптическая океанография / Н.Г. Ерлов – М.: Мир, 1970 – 224 с.
7. Лакомб, А. Физическая океанография / А. Лакомб - М.: Мир, 1974 – 495 с.
8. Безруков, Ю.Ф. Океанология. Часть I. Физические явления и процессы в океане / Ю.Ф. Безруков – Симферополь: 2006 – 159 с.
9. Безруков, Ю.Ф. Океанология. Часть II. Динамические явления и процессы в океане / Ю.Ф. Безруков – Симферополь: 2006 – 123 с.

(Источники доступны по ссылке <https://www.studmed.ru/science/nauki-o-zemle/oceanologiya-oceanografiya-/fizicheskaya-oceanologiya>)

### **Дополнительная литература (электронные и печатные издания)**

1. Apel, J. R. Principles of Ocean Physics / J.R. Apel. – London: Academic Press, 1988. – 634 с.
2. Клей, К, Медвин, Г. Акустическая океанография / К. Клей, Г. Медвин. – М: Мир, 1980. – 580с.

3. Боуден, К. Физическая океанография прибрежных вод / К. Боуден – М.: Мир, 1988 – 324 с.

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

На изучение дисциплины отводится 63 часа аудиторных (лекционных и лабораторных) занятий. На занятиях перед выдачей индивидуальных заданий преподаватель объясняет теоретический материал по заданной теме. Вводит основные требования к его выполнению, приводит примеры. Необходимо поддерживать непрерывный контакт с аудиторией, отвечать на возникающие у студентов вопросы.

По ряду тем магистрантам предлагается работать самостоятельно, выполняя полный обзор по теме. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, предоставляет список литературных источников для освоения темы, а также перечень вопросов для самопроверки. Если знаний, полученных в аудитории, оказалось недостаточно, магистрант может самостоятельно повторно просмотреть методические указания.

После выполнения задания, магистрант оформляет материал в виде текста с рисунками и отправляет его на проверку преподавателю по электронной почте, либо предъявляет на компьютере во время занятия. Магистрант отвечает устно во время занятия по заданной теме.

По данному курсу разработаны учебные материалы. Для успешного достижения учебных целей занятий должны выполняться следующие основные требования:

-соответствие действий обучающихся ранее изученным на лекционных и семинарских занятиях методикам и методам.

-максимальное приближение действий магистрантов к реальным, соответствующим будущим функциональным обязанностям.

-поэтапное формирование умений и навыков, т.е. движение от знаний к умениям и навыкам, от простого к сложному и т.д..

-использование при работе на тренажерах или действующей технике фактических документов, технологических карт, бланков и т.п.

-выработка соответствующих индивидуальных и коллективных умений и навыков.

**Магистрант должен:**

-научиться работать с книгой и лекциями, пользоваться справочной и научной литературой.

-научиться работать с электронными литературными источниками.

-формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладеть методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

*Рекомендации по подготовке к экзамену:*

Рекомендуется еще раз самостоятельно ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в методических материалах.

При ответе на каждый вопрос экзамена магистрант должен продемонстрировать знание определения указанного понятия, связанных с ним особенностей реализации и применения, умение реализовать указанную операцию, а также навыки иллюстрации теоретических принципов на предложенных простых примерах.

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

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### **Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

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, 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.)	Windows, MS Office
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	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Windows, MS Office, MS Teams

промежуточной аттестации		
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, корпус L, ауд. L573	15 персональных компьютеров ExtremeDOUE 8500/500 GB/ DVD+RW, проектор мультимедийный Nec M230X, настенный экран;	Visual Studio 2019, Eclipse, Anaconda, Система автоматического тестирования программ CATS/

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Колебания и волны в океане» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Лабораторная работа (ПР-6)

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний у обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

**Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

**Методические рекомендации, определяющие процедуры  
оценивания  
результатов освоения дисциплины**

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

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

Оценочное средство конечного освоения дисциплины – зачет с оценкой (3-й, осенний семестр). Промежуточная аттестация оценивается по итогам освоения дисциплины на основе рейтинг-системы, итоговая аттестация по дисциплине производится на основе опроса, а повторная аттестация - в форме устной сдачи экзамена по вопросам.

К аттестации по дисциплине допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы.

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости, представлен различными видами оценочных средств.

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Знает	Умеет	Владеет
ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2	Различные методы графического представления наборов данных натуральных измерений и	Использовать основные физические законы и теории для вывода уравнений, описывающих	Основными математическими методами решения уравнений, описывающих



	приемами визуального анализа таких данных	динамику различных процессов в океане и атмосфере	динамику различных процессов в океане и атмосфере
Эталонный	Основной и дополнительный материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей	умеет квалифицированно идентифицировать характер протекания физического процесса, конструировать математическую модель процесса	всеми навыками, демонстрируя их не только в стандартных ситуациях, но и при решении нестандартных задач
Продвинутый	основной материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей	умеет с незначительными погрешностями идентифицировать характер протекания физического процесса, конструировать математическую модель процесса	основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях, в том числе при решении дополнительных задач
Пороговый	большинство основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины	Умеет с погрешностями идентифицировать характер протекания физического процесса, конструировать математическую модель процесса программирования	некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях

### ***Вопросы к зачету***

1. Уравнение непрерывности и теорема Лиувилля. Гамильтоновы и диссипативные динамические системы.
2. Нелинейный маятник.
3. Модель адвекции в поле сингулярного вихря с набегающим потоком.
4. Переменные действие-угол.

5. Метод усреднения.
6. Адиабатические инварианты.
7. Теорема КАМ.
8. Нелинейный резонанс.
9. Отображение Пуанкаре и его неподвижные точки.
10. Гамильтонов хаос: механизмы возникновения.
11. Динамика внутри хаотического слоя.
12. Бифуркации.
13. Хаос в отображениях.
14. Хаос при воздействии случайных внешних сил.
15. Случайные процессы: белый шум, процесс Орнштейна-Уленбека.
16. Теорема Винера-Хинчина.
17. Диффузия. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова.
18. Аномальная диффузия. Субдиффузия и супердиффузия. Слабое нарушение эргодичности.
19. Хаос в диссипативных системах.
20. Перемежаемость в диссипативных системах. Виды перемежаемости.
21. Теория хаотического рассеяния.
22. Восстановление аттрактора по временным рядам.
23. Методы анализа пространственно-временных полей.

### ***Процедура оценивания***

К зачету допускаются магистранты, выполнившие программу обучения по дисциплине, и прошедшие все этапы текущей аттестации. Зачет проводится в устной или письменной форме.

### **Критерии выставления оценки за экзамен**

<b>Оценка зачета</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
<i>«отлично»</i>	Выставляется, если магистрант глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«хорошо»	Выставляется, если магистрант твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
«удовлетворительно»	Выставляется, если магистрант имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
«неудовлетворительно»	Выставляется, если магистрант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

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

Текущий контроль знаний осуществляется посредством устных и письменных работ (отчеты по лабораторным работам), а также в ходе работы на семинарских занятиях.

В течение семестра текущие баллы, набранные студентами за посещаемость, работу на практических занятиях, доклады выставляются в электронной системе учета успеваемости на портале ДВФУ.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости – выполнение лабораторных работ.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе

журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### Тематика лабораторных работ

1. Маломерные гамильтоновы системы. Переменные действие-угол. Метод усреднения. Метод Пуанкаре-Цейпеля. Отображение Пуанкаре для динамики пассивных трассеров в поле потока, набегающего на вихрь  
Моделирование деформации лагранжевых многообразий в хаотическом море
2. Моделирование фракталов с помощью отображений Задача о хаотическом рассеянии Моделирование динамических систем с шумами
3. Задача о пассивной примеси в случайном поле скоростей Задача о пассивных трассерах в поле меандрирующего течения при случайном воздействии
4. Задача о пассивных трассерах в поле меандрирующего течения при случайном воздействии Модель Лоренца
5. Аномальная диффузия.
6. Анализ временных рядов. Восстановление аттракторов Анализ пространственно-временной изменчивости океана с помощью выделения главных компонент Вычисление линейных и нелинейных дисперсионных характеристик
7. Методы численного решения волновых уравнений. Численное моделирование поверхностных волн Нелинейное уравнение Шредингера Уравнение Кортевега-де Вриза

### Критерии оценки лабораторных работ

Оценка	Требования
<i>«зачтено»</i>	Студент выполняет лабораторную работу в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
<i>«не зачтено»</i>	Студент выполнил работу не полностью, объём выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки, которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Лабораторная работа не выполнена.