



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

« 21 » 01

Голик С.С.

(Ф.И.О.)

2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

Короченцев В.В.

(Ф.И.О.)

« 1 » 01 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Топология и симметрия в физике

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)

**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 7,8

лекции 120 час.

практические занятия 150 час.

лабораторные работы не предусмотрено

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

всего часов аудиторной нагрузки 270 час.

в том числе с использованием МАО     - час.

самостоятельная работа 108 час.

в том числе на подготовку к экзамену 90 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен

зачет 7,8 семестр

экзамен 7,8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. №891.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики

\_\_\_\_\_ протокол № 1 от « 11 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ г.

Директор департамента к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

Составитель (ли): д.х.н., проф. Вовна В.И.

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение физических основ топологии и симметрии физических систем путем интегрирования гамильтоновых систем.

Задачи:

- рассмотреть основные принципы гамильтоновой механики системы взаимодействующих частиц.

- изучить процессы основные принципы интегрирования гамильтоновых систем.

- изучить топологические и геометрические препятствия к полной интегрируемости.

- рассмотреть расщепление асимптотических поверхностей.

Для успешного изучения дисциплины «Топология и симметрия в физике» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ПК-1.1. Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп;

- ПК-1.2. Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике

- ОПК-2.1. Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-----------	--	--

Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;
Научно-исследовательский	ПК-8 Способен использовать физические модели и методы исследований при решении теоретических и прикладных задач	ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;
	ПК-9 Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	процессов преобразования информации
	Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;	Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
	Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
	Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
	Умеет применять базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
	Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц (252 академических часа) в 7 семестре и 6 зачётных единиц (216 академических часа) в 8 семестре.

(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
Пр	Практические занятия
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	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Эмиссия излучения из твердых тел	7	30		40	58	54	ПР-15
2	Распространение и преобразование лазерного излучения		30		40			ПР-15
3	Квантовые приборы оптического диапазона	8	27		35	50	36	ПР-15
4	Фотоприемники оптического излучения		27		35			ПР-15
Итого:			120		150	108	90	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (120 час.)

**Раздел 1. Гамильтонова механика и интегрирование гамильтоновых систем (30 час.)**

**Тема 1. Уравнения Гамильтона. Уравнения Эйлера-Пуанкаре (5 час.)**

Уравнение Гамильтона в локальных симплектических координатах. Симплектическая структура. Натуральные системы. Вращение тела в трехмерном евклидовом пространстве

**Тема 2. Движение твердого тела и колебания маятников. (5 час.)**

Геометрические уравнения Пуассона. Вращение тела в однородном поле силы тяжести. Инвариантность силового поля. Движение математического маятника. Задача Кирхгофа о движении твердого тела в идеальной жидкости.

**Тема 3. Системы взаимодействующих частиц и неголономные системы. (5 час.)**

Цепочки взаимодействующих частиц. Неголономная система Чаплыгина. Вращение твердого тела с неинтегрируемой связью.

**Тема 4. Классы интегралов гамильтоновых систем и инвариантные соотношения. (5 час.)**

Первый интеграл динамической системы. Функция Гамильтона для инерционного движения. Полиномиальные интегралы. Теория инвариантных соотношений Гамильтоновых систем. Уравнение Гамильтона-Якоби.

**Тема 5. Группы симметрий и полная интегрируемость. (5 час.)**

Задача поиска траектории системы. Конструкция Софуса Ли. Разрешимость алгебры Ли. Теорема о выпрямлении. Свойства групп симметрии.

**Тема 6. Теория возмущений и нормальные формы. (5 час.)**

Классическая теория возмущений. Вековое множество. Теоремы Колмогорова. Собственные значения линеаризованной системы. Теорема Биркгофа.

**Раздел 2. Топологические и геометрические препятствия к полной интегрируемости и неинтегрируемость гамильтоновых систем (30 час)**

**Тема 7. Топология пространства положений интегрируемой системы. (5 час.)**

Теорема о движении обратимой системы. Фиксирование значений полной энергии. Принцип Мопертюи. Абелев дифференциал на компактной римановой поверхности.

**Тема 8. Геометрические препятствия к интегрируемости и системы с гироскопическими силами. (5 час.)**

Уравнение Пуанкаре для тела с неподвижной точкой вращения. Инвариантность силового поля относительно группы поворотов тела. Теория понижения порядка гамильтоновых систем с симметрией. Задача о существовании условных полиномиальных интегралов.

**Тема 9. Интегралы общего положения и топологические препятствия к существованию линейных интегралов. (5 час.)**

Устойчивые замкнутые траектории. Геодезические потоки и их свойства. Теорема Нётер для натуральных систем. Поля Киллинга. Условие нескольких полей симметрий.

**Тема 10. Метод Пуанкаре и его приложения. (5 час.)**

Основная проблема динамики Пуанкаре. Множество единственности. Уравнения Уиттекера. Ограниченная задача трех тел. Возмущенное движение волчка Лагранжа.

**Тема 11. Группы симметрий и обратимые системы с торическим пространством положений. (5 час.)**

Группы симметрий у систем дифференциальных уравнений. Плоская ограниченная круговая задача трех тел. Независимые формальные интегралы. Рекурсивное определение множества Пуанкаре больших порядков.

**Тема 12. Рождение гиперболических инвариантных торов и неавтономные системы. (5 час.)**

Гамильтонные системы с вещественно-аналитическими гамильтонианами. Малые возмущения функции Гамильтона. Система Гросс-Невё. Условно-периодические решения для системы канонических уравнений Гамильтона. Свойство замкнутой траектории. Функция Морса.

**Раздел 3. Расщепление асимптотических поверхностей и неинтегрируемость в окрестности положений равновесия. (27 час)**

**Тема 13. Асимптотические поверхности и условия их расщепления и теоремы о неинтегрируемости. (7 час.)**

Условие сильной несоизмеримости. Теорема о неявных функциях. Сепаратрисы. Гиперболические периодические решения. Задача о расщеплении асимптотических поверхностях. Теорема о пересечении устойчивой и неустойчивой асимптотической поверхности. Гомоклиный случай.

**Тема 14. Условия интегрируемости уравнений Кирхгофа. (5 час.)**

Движение твердого тела в идеальной жидкости. Неинтегрируемость уравнений Кирхгофа. Условие Клебша. Численный анализ задачи Кирхгофа. Метод Гюссона.

**Тема 15. Расщепление сепаратрис и рождение изолированных периодических решений. (5 час.)**

Невырожденная точка возмущенной системы. Метод малого параметра Пуанкаре. Невырожденные долгопериодические решения возмущенной системы.

**Тема 16. Асимптотические поверхности неустойчивый положений равновесия. (5 час.)**

Трансверсальное пересечение асимптотических поверхностей. Теорема Деванея. Условие Маиевского для неустойчивого равновесия. Невозмущенная задача для асимптотических поверхностей.

**Тема 17. Символическая динамика. (5 час.)**

Гомеоморфность топологических пространств. Интегрируемость дискретной динамической системы. Транзитивные динамические системы. Методы символической динамики.

**Раздел 4. Ветвление решений и отсутствие однозначных интегралов и полиномиальные интегралы (27 час)**

**Тема 18. Ветвление решений и полиномиальные интегралы в обратимой системе на торе. (7 час.)**

Характеристики однозначной функции для полиномиального интеграла. Постоянство интеграла на ветвящихся решениях. Несовпадающие полюсы первого порядка.

**Тема 19. Группы монодромии гамильтоновых систем с однозначными интегралами. (5 час.)**

Метод Ляпунова для вариации известных частных решений. Группа монодромии линейной системы. Теория инвариантов. Условия существования полей симметрии систем с голоморфными компонентами.

**Тема 20. Метод Биркгофа и влияние гироскопических сил на существование полиномиальных интегралов. (5 час.)**

Необратимая система с двумя степенями свободы. Движение с фиксированным запасом энергии. Необратимая система с двумерным тором. Обратимая система с двумя степенями свободы. Задача о существовании полиномиальных по скоростям интегралов с однозначными коэффициентами.

**Тема 21. Полиномиальные интегралы систем с полутора степенями свободы. (5 час.)**

Задача об интегрируемости одного неавтономного уравнения второго порядка. Условия существования линейного и квадратичного интеграла. Стационарное уравнение Хохлова-Заболотского.

**Тема 22. Полиномиальные интегралы гамильтоновых систем с экспоненциальным взаимодействием. (5 час.)**

Конечная периодическая цепочка Тоды. Условие алгебраической интегрируемости систем. Условие интегрируемости по Биркгофу. Схема Дынкина полной неприводимой гамильтоновой системы.

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

## **Практические занятия ( 150 час.)**

### **Практическое занятие 1. Решение уравнений Гамильтона и уравнений Эйлера-Пуанкаре (30 час.)**

В данной работе студенты решают уравнение Гамильтона в локальных симплектических координатах. Рассматривают симплектическую структуру, натуральные системы и вращение тела в трехмерном евклидовом пространстве

### **Практическое занятие 2. Изучение систем взаимодействующих частиц и неголономные системы (20 час.)**

В данной работе студенты теоретически исследуют цепочки взаимодействующих частиц, неголономные системы Чаплыгина и вращение твердого тела с неинтегрируемой связью.

### **Практическое занятие 3. Изучение условия интегрируемости уравнений Кирхгофа (20 час.)**

В данной работе студенты решают задачу движения твердого тела в идеальной жидкости. Рассматривают теоретическую основу неинтегрируемости уравнений Кирхгофа и условие Клебша. Проводят численный анализ задачи Кирхгофа.

### **Практическое занятие 4. Исследование групп симметрий и полной интегрируемости (20 час.)**

В данной работе студенты решают задачу поиска траектории системы. Теоретически исследуют конструкцию Софуса Ли. Доказывают теорему о выпрямлении.

### **Практическое занятие 5. Исследование топологии пространства положений интегрируемой системы. (20 час.)**

В данной работе студенты доказывают теорему о движении обратимой системы. Рассматривают случай фиксирования значений полной энергии и принцип Мопертюи.

### **Практическое занятие 6. Исследование метода Пуанкаре и его приложения (20 час.)**

В данной работе студенты рассматривают основную проблему динамики Пуанкаре. Рассматривают проблему множества единственности. Решают ограниченную задачу трех тел и возмущенное движение волчка Лагранжа.

### **Практическое занятие 7. Исследование условия интегрируемости уравнений Кирхгофа (20 час.)**

В данной работе студенты решают задачу движения твердого тела в идеальной жидкости. Рассматривают случаи неинтегрируемости уравнений Кирхгофа и условие Клебша. Проводят численный анализ задачи Кирхгофа..

### **Задания для самостоятельной работы (108 час.)**

*Требования:* После каждого практического занятия обучающемуся необходимо обработать полученные результаты, построить графики зависимостей измеряемых величин, рассчитать требуемые величины и построить рассчитанные графики, объяснить их поведение и сделать правильные выводы.

### **Домашние задания к практическим работам**

#### **Занятие №1. Решение уравнений Гамильтона и уравнений Эйлера-Пуанкаре (18 час.)**

Решение уравнения Гамильтона в локальных симплектических координатах. Исследование симплектическую структуру, натуральные системы и вращение тела в трехмерном евклидовом пространстве

#### **Занятие №2. Изучение систем взаимодействующих частиц и неголономные системы (15 час.)**

Подробный анализ цепочки взаимодействующих частиц, неголономных систем Чаплыгина и вращение твердого тела с неинтегрируемой связью.

#### **Практическое занятие 3. Изучение условия интегрируемости уравнений Кирхгофа (15 час.)**

Решение задачи движения твердого тела в идеальной жидкости. Математическое обоснование неинтегрируемости уравнений Кирхгофа и условие Клебша. Провести численный анализ задачи Кирхгофа.

#### **Занятие №4. Исследование групп симметрий и полной интегрируемости (15 час.)**

Решение задачи поиска траектории системы. Доказательство теоремы о выпрямлении.

#### **Занятие №5. Исследование топологии пространства положений интегрируемой системы. (15 час.)**

Доказательство теоремы о движении обратимой системы. Случай фиксирования значений полной энергии и принцип Мопертюи.

#### **Занятие №6. Исследование метода Пуанкаре и его приложения (15 час.)**

Решение задач на динамику Пуанкаре и множества единственности.  
Решение ограниченной задачи трех тел и возмущенное движение волчка Лагранжа.

### **Занятие №7. Исследование условия интегрируемости уравнений Кирхгофа (15 час.)**

Решение задачи движения твердого тела в идеальной жидкости. Случай неинтегрируемости уравнений Кирхгофа и условие Клебша. Провести численный анализ задачи Кирхгофа.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

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

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1-4 недели семестра	Домашняя работа 1	18 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
2	5-6 недели семестра	Домашняя работа 2	15 час	ПР-15 (рабочая тетрадь)
3	7-8 недели семестра	Домашняя работа 3	15 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
4	9-10 недели семестра	Домашняя работа 4	15 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
5	11-12 недели семестра	Домашняя работа 5	15 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
6	13-15 недели семестра	Домашняя работа 6	15 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
7	16-18 недели семестра	Домашняя работа 7	15 час.	ПР-15 (рабочая тетрадь)
<b>Итого:</b>			<b>108 час.</b>	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение*

*заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать 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.

*Работа с конспектом лекций*

В конспекте лекций необходимо кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Нужно проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практических работах.

**Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

## Работа перед практическими занятиями

Перед практическим занятием студент должен самостоятельно изучить методические указания по его выполнению, ознакомиться с содержанием работы, прочитать необходимую учебную литературу для понимания физических процессов, изучаемых в лабораторной работе. После успешного выполнения лабораторной работы студент самостоятельно пишет обрабатывает полученные данные и пишет отчет по практическому занятию. В методических указаниях по выполнению лабораторных работ после каждой лабораторной работы следуют контрольные вопросы. На них необходимо подготовить ответы. Кроме того, необходимо иметь базовые знания по изучаемой теме. Только после теоретической подготовки и написания отчета можно пробовать сдать отчет. Сдача отчета проводится во время практических занятий, когда студенты не работают за лабораторными установками.

### *Структура отчета по практическому занятию*

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

Отчет по работе 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*

Лабораторная работа относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

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 в сквозную нумерацию страниц работы.

*Рекомендации по оформлению графического материала,  
полученного с экранов в виде «скриншотов»*

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

## **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Выполнение самостоятельных работ оценивается при сдаче и защите отчетов по лабораторным работам. Критерии оценки индикаторов выполнения самостоятельной работы по курсу приведены в разделе VIII.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Гамильтонова механика и интегрирование гамильтоновых систем	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации	ПР-15 (рабочая тетрадь)	зачет (вопросы 1-10)
			Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации		
			Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации		
		ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;	Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач		
			Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач		
			Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач		
ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания	Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач				

		фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Умеет применять базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач		
			Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач		
2	Раздел II. Топологическое и геометрическое препятствия к полноте интегрируемости и неинтегрируемость гамильтоновых систем	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации	ПР-15 (рабочая тетрадь)	зачет (вопросы 11-22)
Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации					
Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации					
ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;		Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач	ПР-15 (рабочая тетрадь)		
		Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач			
		Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач			
ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач		Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач			
		Умеет применять базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач			
		Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач			
УК-1.1			Знает значение информации,		

		<p>Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;</p>	<p>информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p>		
3	<p>Раздел III. Расщепление асимптотических поверхностей и неинтегрируемость в окрестности положений равновесия</p>	<p>УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;</p>	<p>Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p> <p>Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации</p>	<p>ПР-15 (рабочая тетрадь)</p>	<p>зачет (вопросы 23-31)</p>
<p>ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;</p>		<p>Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач</p> <p>Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач</p> <p>Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач</p>			
<p>ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>		<p>Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p> <p>Умеет применять базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p> <p>Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>			

4	Раздел IV. Фотоприемник и оптического излучения	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	задач						
			Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации						
			Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации						
		ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;	Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации						
			Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач						
			Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач						
		ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач						
			Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач						
			Умеет применять базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач						
						Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач			

зачет  
(вопросы 32-39)

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 VIII.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Неретин Ю.А. Категории симметрий и бесконечномерные группы Изд. стереотип. URSS. 2019. 432 с.
2. Козлов В.В. Симметрии, топология и резонансы в гамильтоновой механике. ISBN:5-7029-0126-6, Удмуртский государственный университет, 1995
3. Воловик Г. с., Минеев В. П. Физика и топология. — М.: Знание, 1980. — 63 с

### Дополнительная литература

1. Коппенфельс В., Штальман Ф. Практика конформных отображений. Издво иностранной литературы М.: 1963. 407 с
2. Дынников И. А., Новиков С. П. // Успехи математических наук. 2005. Т.60. Вып. 1. С. 4.
3. Шубников А. В., Копчик В. А. Симметрия в науке и искусстве. МоскваИжевск: Институт компьютерных исследований, 2004, 560 с

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

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука» <http://postnauka.ru>
4. Нанотехнологическое общество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются программы, позволяющие строить графики по массивам

данных и выполнять простейший математический анализ данных (первые производные, сглаживание, линейный фитинг).

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

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

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратить внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний. При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;

- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.

В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

*Практические занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений. Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все домашние задания, предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

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

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, корпус L, ауд. L 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 320. Лаборатория пленочных технологий ДВФУ	Вибрационный магнитометр Lakeshore 7400, оптический магнитометр Nanomoke2, Керр-микроскоп Evico Magnetics	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных установках, Origin – программное обеспечение для построения графиков, Gwyddion – свободно распространяемое программное обеспечение для обработки графических изображений
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.)	Специализированное ПО не требуется

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступны лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

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.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Топология и симметрия в физике»**

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

**Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2022**

Для дисциплины «Топология и симметрия в физике» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

Домашняя работа (ПР-15) защита отчета

Письменные работы

Домашняя работа (ПР-15) написание отчета

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, 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 экзамену.

**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.

Лабораторные работы позволяют студентам непосредственно ознакомиться с научным экспериментальным оборудованием, научиться получать экспериментальные результаты, обрабатывать их, анализировать результаты и делать выводы.

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

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Топология и симметрия в физике» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – зачет (7-й, 8-й семестр), экзамен (7-й, 8-й семестр). Форма зачета – сдача отчетов по домашним работам. Форма экзамена – два письменных вопроса, на которые студенту дается 40 мин, затем 2 произвольных устных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи всех отчетов по домашним работам.

**Методические указания по сдаче зачета**

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили практические занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено», «не зачтено». При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

### **Вопросы к зачету**

1. Уравнение Гамильтона в локальных симплектических координатах. Симплектическая структура.
2. Натуральные системы. Вращение тела в трехмерном евклидовом пространстве
3. Геометрические уравнения Пуассона. Вращение тела в однородном поле силы тяжести.
4. Инвариантность силового поля. Движение

- математического маятника. Задача Кирхгофа о движении твердого тела в идеальной жидкости.
5. Цепочки взаимодействующих частиц. Неавтономная система Чаплыгина. Вращение твердого тела с неинтегрируемой связью.
  6. Первый интеграл динамической системы. Функция Гамильтона для инерционного движения.
  7. Полиномиальные интегралы. Теория инвариантных соотношений Гамильтоновых систем. Уравнение Гамильтона-Якоби.
  8. Задача поиска траектории системы. Конструкция Софуса Ли. Разрешимость алгебры Ли. Теорема о выпрямлении. Свойства групп симметрии.
  9. Классическая теория возмущений. Вековое множество. Теоремы Колмогорова.
  10. Собственные значения линеаризованной системы. Теорема Биркгофа.
  11. Теорема о движении обратимой системы. Фиксирование значений полной энергии.
  12. Принцип Мопертюи. Абелев дифференциал на компактной римановой поверхности.
  13. Уравнение Пуанкаре для тела с неподвижной точкой вращения. Инвариантность силового поля относительно группы поворотов тела.
  14. Теория понижения порядка гамильтоновых систем с симметрией. Задача о существовании условных полиномиальных интегралов.
  15. Устойчивые замкнутые траектории. Геодезические потоки и их свойства.
  16. Теорема Нётер для натуральных систем. Поля Киллинга. Условие нескольких полей симметрий.
  17. Основная проблема динамики Пуанкаре. Множество единственности. Уравнения Уиттекера.
  18. Ограниченная задача трех тел. Возмущенное движение волчка Лагранжа.
  19. Группы симметрий у систем дифференциальных уравнений. Плоская ограниченная круговая задача трех тел.
  20. Независимые формальные интегралы. Рекурсивное

- определение множества Пуанкаре больших порядков.
21. Гамильтонные системы с вещественно-аналитическими гамильтонианами. Малые возмущения функции Гамильтона.
  22. Система Гросс-Невё. Условно-периодические решения для системы канонических уравнений Гамильтона. Свойство замкнутой траектории. Функция Морса.
  23. Условие сильной несоизмеримости. Теорема о неявных функциях. Сепаратрисы. Гиперболические периодические решения.
  24. Задача о расщеплении асимптотических поверхностях. Теорема о пересечении устойчивой и неустойчивой асимптотической поверхности. Гомоклиный случай.
  25. Движение твердого тела в идеальной жидкости. Неинтегрируемость уравнений Кирхгофа.
  26. Условие Клебша. Численный анализ задачи Кирхгофа. Метод Гюссона.
  27. невырожденная точка возмущенной системы. Метод малого параметра Пуанкаре. невырожденные долгопериодические решения возмущенной системы.
  28. Трансверсальное пересечение асимптотических поверхностей. Теорема Деванея.
  29. Условие Маиевского для неустойчивого равновесия. Невозмущенная задача для асимптотических поверхностей.
  30. Гомеоморфность топологических пространств. Интегрируемость дискретной динамической системы.
  31. Транзитивные динамические системы. Методы символической динамики.
  32. Характеристики однозначной функции для полиномиального интеграла. Постоянство интеграла на ветвящихся решениях. Несовпадающие полюсы первого порядка.
  33. Метод Ляпунова для вариации известных частных решений. Группа монодромии линейной системы.
  34. Теория инвариантов. Условия существования полей симметрии систем с голоморфными компонентами.
  35. Необратимая система с двумя степенями свободы. Движение с фиксированным запасом энергии.

36. Необратимая система с двумерным тором. Обратимая система с двумя степенями свободы. Задача о существовании полиномиальных по скоростям интегралов с однозначными коэффициентами.

37. Задача об интегрируемости одного неавтономного уравнения второго порядка. Условия существования линейного и квадратичного интеграла. Стационарное уравнение Хохлова-Заболотского.

38. Конечная периодическая цепочка Тоды. Условие алгебраической интегрируемости систем.

39. Условие интегрируемости по Биркгофу. Схема Дынкина полной неприводимой гамильтоновой системы.

### **Критерии выставления оценки студенту на зачете**

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

<b>Оценка</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
<b>«не зачтено»</b>	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

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

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

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (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;
- посещение занятий
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### **Устный опрос в сочетании с проверкой отчета по работе**

Оценивание защиты домашней работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

*Пример контрольных вопросов к домашней работе «Решение уравнений Гамильтона и уравнений Эйлера-Пуанкаре»:*

1. Запишите уравнение Гамильтона.
2. Запишите уравнение Эйлера-Пуанкаре.
3. Решите уравнение Гамильтона в локальных симплектических координатах.
4. Какие системы называют натуральными.

## **Аннотация дисциплины «Топология и симметрия в физике»**

Рабочая программа учебной дисциплины «Топология и симметрия в физике» разработана для студентов 4 курса очной формы обучения направления подготовки для студентов направления подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)» в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 13 з.е. (468 час.). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (120 час.), практические занятия (150 час.), самостоятельная работа студента (108 час.). Дисциплина «Топология и симметрия в физике» входит в вариативную часть образовательной программы, дисциплины по выбору, реализуется на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

Цель: изучение физических основ топологии и симметрии физических систем путем интегрирования гамильтоновых систем.

Задачи:

- рассмотреть основные принципы гамильтоновой механики системы взаимодействующих частиц.

- изучить процессы основные принципы интегрирования гамильтоновых систем.

- изучить топологические и геометрические препятствия к полной интегрируемости.

- рассмотреть расщепление асимптотических поверхностей.

Для успешного изучения дисциплины «Топология и симметрия в физике» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ПК-1.1. Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп;

- ПК-1.2. Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике

- ОПК-2.1. Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;
Научно-исследовательский	ПК-8 Способен использовать физические модели и методы исследований при решении теоретических и прикладных задач	ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;

	ПК-9 Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
--	--	---

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-1.1 Определяет роль и значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации;	Знает значение информации, информатизации общества, информационных технологий, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Умеет использовать теоретические основы информационных процессов преобразования информации
	Владеет информационными технологиями, использует теоретические основы информационных процессов преобразования информации
ПК-8.1 Анализирует и выбирает наиболее эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач;	Знает эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
	Умеет применять эффективные физические модели и методы исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
	Владеет методами исследований для решения поставленных теоретических и прикладных задач
ПК-9.1 Выбирает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов	Знает необходимые базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
	Умеет применять базовые теоретические

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
	Владеет теоретическими знаниями фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач