

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1153531	Специальные главы математической физики

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Физика высокоэнергетических процессов	<b>Код ОП</b> 1. 14.04.02/33.02
<b>Направление подготовки</b> 1. Ядерные физика и технологии	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.04.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетических процессов

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Специальные главы математической физики

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле дается строгое и компактное изложение основных задач и методов нелинейной механики, которое отличается от существующих курсов по выбору материала и способу их изложения. Дается элементарное введение в общую теорию интегрируемых систем и теорию солитонов. На примере уравнений движения твердого тела представлен современный алгоритм поиска интегрируемых систем. На примере динамики частиц в решетке Тоды описаны методы обратной задачи рассеяния и обсуждается новый тип локализованных возбуждений – солитонов. Обсуждаются представление Лакса, преобразования Дарбу и Бэклунда, связь обратной задачи рассеяния с задачей Римана. Модуль служит введением в физику реальных кристаллов и включает следующие основные разделы: элементы теории деформационного упрочнения и разрушения металлов и сплавов, методы описания структуры и свойств границ зерен, влияние кристаллической структуры на свойства дислокаций. Детально рассматриваются методы компьютерного моделирования физических процессов в реальных кристаллах.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория рассеяния	3
2	Математическая обработка экспериментальных данных	5
3	Функции Грина	4
4	Физика нелинейных явлений	5
ИТОГО по модулю:		17

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Математическая обработка экспериментальных данных	ПК-5 - Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области, анализ технических и расчетно-теоретических разработок	<p>З-1 - Объяснить выбор математической модели для проведения анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>З-2 - Объяснить методики проведения исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>У-2 - Применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области</p> <p>П-1 - Иметь практические навыки составления научно-технической и другой служебной документации</p> <p>П-2 - Иметь практические навыки применения различных методов физических исследований в избранной предметной области: экспериментальных методов, статистических</p>
Теория рассеяния	ПК-5 - Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области, анализ технических и расчетно-теоретических разработок	<p>З-1 - Объяснить выбор математической модели для проведения анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>З-2 - Объяснить методики проведения исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>У-2 - Применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области</p> <p>П-1 - Иметь практические навыки составления научно-технической и другой служебной документации</p> <p>П-2 - Иметь практические навыки применения различных методов физических исследований в избранной предметной области</p>

		области: экспериментальных методов, статистических
Физика нелинейных явлений	ПК-5 - Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области, анализ технических и расчетно-теоретических разработок	<p>З-1 - Объяснить выбор математической модели для проведения анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>З-2 - Объяснить методики проведения исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>У-2 - Применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области</p> <p>П-1 - Иметь практические навыки составления научно-технической и другой служебной документации</p> <p>П-2 - Иметь практические навыки применения различных методов физических исследований в избранной предметной области: экспериментальных методов, статистических</p>
Функции Грина	ПК-5 - Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области, анализ технических и расчетно-теоретических разработок	<p>З-1 - Объяснить выбор математической модели для проведения анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>З-2 - Объяснить методики проведения исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа технических и расчетно-теоретических разработок</p> <p>У-2 - Применять математические модели процессов и объектов в своей предметной области</p> <p>П-1 - Иметь практические навыки составления научно-технической и другой служебной документации</p> <p>П-2 - Иметь практические навыки применения различных методов физических исследований в избранной предметной области: экспериментальных методов, статистических</p>

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория рассеяния**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетиче- ских процессов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Байtimiров Дамир Рафисович, Доцент, Физики высокоэнергетических процессов

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Общий формализм теории рассеяния	Физическая постановка задачи теории рассеяния. Рассеяние, поглощение и экстинкция. Рассеяние на флуктуациях и частицах, стационарная и временная теория рассеяния. Оператор рассеяния (S -матрица) и его свойства. Общий вид оператора рассеяния. Связь оператора рассеяния и теории подгрупп операторов.
2	Классическая теория рассеяния	Рассеяние классической частицы на препятствии, рассеяние пучков частиц. Основное интегральное уравнение теории рассеяния, уравнение Липпмана-Швингера: рассеяние акустической волны; рассеяние электромагнитной волны, индукционные методы геофизической электроразведки; рассеяние упругих волн, метод динамической сейсморазведки. Многократное рассеяние акустических, упругих и электромагнитных волн: дистанционное зондирование океана и атмосферы; распространение волн в упорядоченных и неупорядоченных композитах.



3	Нерелятивистская квантовая теория рассеяния	Оператор рассеяния в квантовой механике, его свойства: определение квантово-механического сечения рассеяния; квантово-механическое уравнение Липпмана-Швингера; двухчастичный оператор рассеяния; рассеяние частиц со спином; борновский ряд и борновское приближение; радиальные волновые функции для свободного движения; стационарные состояния, S -матрица для парциальных волн; уравнение Липпмана-Швингера для парциальных волн; понятие о многоканальных процессах, оператор рассеяния в многоканальном случае
---	---	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория рассеяния

#### Электронные ресурсы (издания)

1. , Трусов, П. В.; Введение в математическое моделирование : учебное пособие.; Логос, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84691> (Электронное издание)
2. Диков, А. В., Сугробов, Г. В.; Математическое моделирование и численные методы : учебное пособие.; Пензенский государственный педагогический университет (ПГПУ), Пенза; 2000; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=96973> (Электронное издание)
3. Ведринский, Р. В.; Квантовая теория рассеяния : учебник.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240938> (Электронное издание)
4. Сунакава, С., С.; Квантовая теория рассеяния; Мир, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495598> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Позднеев, С. А.; Применение квантовой теории рассеяния для расчетов процессов ядерной, атомной и молекулярной физики; ЯНУС-К, Москва; 2001 (5 экз.)
2. Поплавной, А. С.; Квантовая теория рассеяния : (учебное пособие).; [б. и.], Кемерово; 1989 (1 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).

4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Теория рассеяния

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
--	--	-----------------------------	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическая обработка**  
**экспериментальных данных**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Байтимиров Дамир Рафисович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Физики высокоэнергетиче- ских процессов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Байтимиров Дамир Рафисович, Доцент, Физики высокоэнергетических процессов

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение. Научные исследования, их особенности и классификация методов научных исследований	Наука как система знаний. Научные исследования, их особенности и классификация. Что такое научное исследование, объект, предмет, субъект исследования. Цель научного исследования. Классификация методов исследования. Методы исследования. Методы эмпирического исследования (наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент). Методы, используемые на эмпирическом и теоретическом уровнях исследования (абстрагирование, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование). Методы теоретических исследований (идеализация, формализация, аксиоматический и гипотетический методы, гипотеза, теория).

2	Экспериментальные исследования, типы и задачи эксперимента	Экспериментальные исследования. Постановка и организация эксперимента. Классификация, типы и задачи эксперимента. Методика проведения эксперимента. Основные этапы проведения эксперимента, определение его целей и задач. Обоснование набора средств измерения (приборов). Метод обработки и анализ экспериментальных данных. Влияние психологических факторов на ход и качество эксперимента.
3	Элементы теории погрешностей и математической обработки результатов измерений	Элементы теории погрешностей и математической обработки результатов измерений. Задачи измерений. Типы погрешностей. Запись результатов измерений.
4	Обработка результатов прямых и косвенных измерений	Обработка результатов прямых измерений. Доверительный интервал, доверительная вероятность, коэффициент Стьюдента, абсолютная и относительная погрешность.
5	Определение минимального количества измерений	Определение минимального количества измерений. Методика определения минимального количества измерений для получения заданной погрешности и достоверности
6	Аппроксимация опытных данных	Аппроксимация опытных данных. Графики аналитических функций, подбор эмпирической формулы аппроксимации опытных данных. Способ выбранных точек, метод выравнивания. Метод наименьших квадратов. Определение коэффициентов эмпирических формул с помощью метода наименьших квадратов.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическая обработка экспериментальных данных

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Сафин, Р. Г.; Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань; 2013; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270277> (Электронное издание)
2. Боярский, М. В.; Планирование и организация эксперимента : учебное пособие.; Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437056> (Электронное издание)
3. Вайнштейн, М. З.; Основы научных исследований : учебное пособие.; Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277061> (Электронное издание)
4. Юдин, Ю. В., Попова, А. А.; Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/106473.html> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Спирин, Н. А.; Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. бакалавров 550500 - Metallurgy и по направлению подгот. дипломир. специалистов 651300 - Metallurgy.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (17 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).



19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).

20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

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

### **Математическая обработка экспериментальных данных**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Функции Грина**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зверев Владимир Владимирович	доктор физико- математических наук, доцент	Профессор	теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зверев Владимир Владимирович, Профессор, теоретической физики и прикладной математики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные положения.	Пропагаторы. Интегралы по траектории (функциональные интегралы). Теория возмущений для пропагатора.
2	Функции Грина при нулевой температуре	Определение функций Грина многочастичной системы. Невозмущенные функции Грина. Аналитические свойства функций Грина. Запаздывающая и опережающая функции Грина. Возбуждения квазичастиц, запаздывающие и опережающие функции Грина. Соотношения Крамерса-Кронига. Функция Грина и наблюдаемые. Теория возмущений: диаграммы Фейнмана. Правила Фейнмана. Теоремы Вика и сокращения. Операции с диаграммами. Собственно-энергетическая функция. Уравнение Дайсона. Перенормировка взаимодействия. Поляризационный оператор. Экранирование кулоновского взаимодействия. Самосогласованная теория возмущений. Многочастичные функции Грина. Вершинная функция
3	Функции Грина при конечной температуре	Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Лиувилля. Определение и аналитические свойства гриновских функций. Уравнение Блоха. Температурная (мацубаровская) функция Грина. Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.

4	Теория линейного отклика	Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.
5	Неравновесные функции Грина	Неравновесная причинная функция Грина: определение. Контурное упорядочение и три дополнительные неравновесные гриновские функции. Формализм Келдыша. Уравнения Дайсона для неравновесных функций Грина. Квантовое кинетическое уравнение. Приложение: электропроводность квантовых точечных контактов. Метод туннельного гамильтониана.
5	Методы квантовой теории поля и сверхпроводимость	Сверхпроводящее состояние. Нестабильность нормального состояния. Гамильтониан спаривания (БКШ). Функции Грина сверхпроводника. Формализм Намбу-Горькова. Матричная структура теории. Элементы теории сильной связи. Уравнения Горькова для гриновских функций. Токотпроводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости. Андреевское отражение

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Функции Грина

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Абрикосов, А. А.; Методы квантовой теории поля в статистической физике; Физматгиз, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483334> (Электронное издание)
2. Каданов, Л., Л., Зубарев, Д. Н.; Квантовая статистическая механика: методы функций Грина в теории равновесных и неравновесных процессов; Мир, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482827> (Электронное издание)
3. Маттук, Р., Р.; Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел; Мир, Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483384> (Электронное издание)
4. Балеску, Р., Р.; Равновесная и неравновесная статистическая механика : учебное пособие.; Мир, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495472> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 5. Статистическая физика, ч.1. - 4-е изд., испр.; Наука, Москва; 1995 (25 экз.)
2. Маттук, Р. Д., Ричард Д., Бонч-Бруевич, В. Л., Краско, Г. Л., Сурис, Р. А.; Фейнмановские диаграммы

в проблеме многих тел; Мир, Москва; 1969 (7 экз.)

3. Балеску, Р., Зубарев, Д. Н., Климонтович, Ю. Л.; Равновесная и неравновесная статистическая механика: В 2 т. Т. 1. ; Мир, Москва; 1978 (17 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Функции Грина

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Не требуется
2	Практические занятия	Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика нелинейных явлений**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Зверев Владимир Владимирович	доктор физико- математических наук, доцент	Профессор	теоретической физики и прикладной математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зверев Владимир Владимирович, Профессор, теоретической физики и прикладной математики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Нелинейная динамика на фазовой плоскости	Нелинейный осциллятор с одной степенью свободы. Пример: математический маятник. Линеаризация уравнений движения в малых окрестностях стационарных точек. Фазовый портрет математического маятника: консервативный и диссипативный случаи. Различные нелинейные осцилляторы, имеющие потенциал с несколькими ямами. Эллиптический интеграл и эллиптические функции: основные определения, свойства и графики. Уравнение математического маятника, следующее из закона сохранения энергии. Разделение переменных и получение общего решения, выраженного через эллиптические функции. Случаи колебаний, вращений, сепаратрисного движения. Осциллятор Ван дер Поля. Качественная модель, описывающая релаксационные колебания. Малые колебания осциллятора, условия нарушения устойчивости стационарной точки. Бифуркация Андронова-Хопфа

		<p>рождения предельного цикла. Метод медленно меняющейся амплитуды и</p> <p>метод усреднения. Укороченное уравнение и его решение. Качественный</p> <p>анализ динамики систем, описываемых уравнениями типа Ван дер Поля с</p> <p>различным видом члена трения. Бифуркация одновременного рождения</p> <p>(исчезновения) устойчивого и неустойчивого циклов. «Мягкий» и «жесткий» режимы рождения колебаний. Гистерезис.</p>
2	Хаотическая динамика	<p>Турбулентные течения в жидкостях и газах. Модель Лоренца: диссипативность, ограниченность области движения, стационарные точки. Результаты</p> <p>численного моделирования: последовательность бифуркаций. Странный</p> <p>аттрактор, его геометрическая форма и самоподобная (фрактальная) структура. Отображение типа «тент». Кусочно-линейное отображение типа</p> <p>«тент»: лестницы Ламерея, показатель Ляпунова, инвариантное распределение, эргодичность. Перемешивающие «преобразования пекаря». Отображение «сдвиг Бернулли», преобразование двоичной дроби. Отображение</p> <p>Хенона. Канторовская структура аттрактора Хенона.</p>
3	Динамика нелинейных распределенных систем	<p>Нелинейные распределенные системы. Соответствие между дисперсионными соотношениями и уравнениями. Нелинейные волны в средах без дисперсии и диссипации. Уравнения для волн, движущихся в одном или в двух</p> <p>направлениях. Решения типа «бегущая волна». Укручение волнового фронта и «опрокидывание» волны.</p> <p>Волны в нелинейных средах с диссипацией. Уравнение диффузии и уравнение Бюргерса. Численные решения уравнения Бюргерса. Зависимость от</p> <p>времени амплитуд низших гармоник. Укручение волнового фронта без опрокидывания. Стационарные бегущие волны. Уединенная волна типа «кинк». Волны в нелинейных средах с дисперсией в области высоких частот. Уравнение Кортевега – де Вриза (КдВ). Уравнение Буссинеска. Модифицированное уравнений КдВ. Солитонные решения (качественное описание). Волны в нелинейных средах с дисперсией в области низких частот.</p> <p>Уравнение Клейна-Гордона-Фока и уравнение син-Гордон. Волны в нели-</p> <p>нейных средах с дисперсией и диссипацией. Уравнение КдВ-Бюргерса.</p>

		Стационарные ударные волны. Волновые пакеты и волны огибающей. Нелинейное уравнение Шредингера. Первые наблюдения солитонов. Проблема термализации и работа Ферми, Паста, Улама. Обзор современного состояния физики нелинейных явлений
--	--	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика нелинейных явлений

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Нелинейные волны; Наука, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477368> (Электронное издание)
2. Карпман, В. И.; Нелинейные волны в диспергирующих средах; Наука, Москва; 1973; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468188> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Зверев, В. В., Мазуренко, В. Г.; Регулярная и хаотическая динамика в системах различной природы : курс лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (11 экз.)
2. Багдоев, А. Г., Ерофеев, В. И., Шекоян, А. В.; Линейные и нелинейные волны в диспергирующих средах; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (1 экз.)
3. Рыскин, Раскин, Н. М., Трубецков, Д. И.; Нелинейные волны : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. спец.; Наука. Физматлит, Москва; 2000 (5 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).

11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

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

### **Физика нелинейных явлений**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES