

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 1 от 31.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы математической физики

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Методика обучения физике

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.15 Основы математической физики относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД ОПК-1: Способность применения основных методов теории функций комплексного переменного и операторной алгебры к физическим задачам	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1 Комплексные числа и функции	11	3	3	6	5
Тема 2 Интеграл от функции комплексного переменного	8	2	2	4	4
Тема 3 Ряды	13	4	4	8	5
Тема 4 Теория вычетов	15	4	5	9	6
Тема 5 Векторные пространства	8	2	2	4	4
Тема 6 Линейные операторы	18	6	6	12	6
Тема 7 Функциональные векторные пространства	12	4	4	8	4
Тема 8 Цилиндрические функции	9	3	2	5	4
Тема 9 Сферические функции	13	4	4	8	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1

Представление комплексного числа. Формулы Эйлера. Бесконечно удаленная точка. Действия с комплексными числами. Извлечение корня из комплексного числа. Определение функции комплексного переменного. Предел и непрерывность функции. Производная функции комплексного переменного. Условия Коши – Римана.

Тема 2

Определение интеграла от функции комплексного переменного и его свойства. Теорема Коши для односвязной области. Теорема Коши для многосвязной области и ее следствия. Интеграл Коши. Формула Коши.

Тема 3

Степенные ряды. Теорема Абеля. Теорема Тейлора. Изолированные особые точки аналитических функций. Теорема о разложении функции в ряд Лорана. Область сходимости ряда Лорана. Классификация изолированных особых точек по виду ряда Лорана.

Тема 4

Определение вычета функции. Основная теорема теории вычетов. Вычет функции в полюсе. Применение теории вычетов к вычислению действительных определенных интегралов. Лемма Жордана.

Тема 5

Векторное пространство – операции над векторами. Примеры векторных пространств. Линейная независимость векторов. Размерность векторного пространства. Сопряженное векторное пространство.

Скалярное произведение векторов. Ортонормированный базис векторного пространства. Построение ортонормированного базиса из системы линейно-независимых векторов.

Тема 6

Определение линейности оператора. Матричные элементы операторов. Представление оператора своими матричными элементами. Представление единичного оператора – условие полноты базиса. Функциональные векторные пространства. Интегральное ядро. Действия над операторами. Свойства коммутаторов. Сопряженные операторы. Эрмитовы операторы. Преобразование базиса, унитарные операторы. Собственный базис оператора. Задача на собственные векторы и собственные значения оператора. Собственные векторы и собственные значения эрмитова оператора. Связь между эрмитовым и унитарным операторами. Вывод спектра оператора. Замечание о спектре эрмитова оператора. Совместный спектр двух, или более, коммутирующих операторов.

Тема 7

Операторы функциональных пространств. Интегральное ядро единичного оператора – δ -функция Дирака. Аппроксимация δ -функции другими функциями. Обратный оператор. Функция Грина. Пространство периодических функций на прямой. Пространство непериодических функций. Построение базиса. Функция Грина оператора Лапласа.

Тема 8

Постановка задачи на собственные функции и собственные значения оператора Лапласа в цилиндрических координатах. Теорема о неотрицательности среднего значения квадрата эрмитовского оператора. Уравнение Бесселя. Асимптотики функций Бесселя и Неймана в нуле. Производящая функция для функций Бесселя. Разложение функции Бесселя в ряд Тэйлора. Свойства функций Бесселя. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Графическое представление функций Бесселя. Нули функции Бесселя, условие ортогональности.

Тема 9

Операторы орбитального момента. Коммутационные соотношения. Действие операторов на сферическую функцию. Определение спектра оператора квадрата момента. Условия ортогональности и полноты для сферических функций. Явное выражение для сферической функции. Уравнение Лежандра. Присоединенные и обычные полиномы Лежандра. Связь сферической функции с полиномами Лежандра. Условие нормировки для полиномов Лежандра.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Нет

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вопрос 1. Форма представления комплексного числа

Вопрос 2. Формулировка теоремы Коши

Вопрос 3. Типы изолированных особых точек

Вопрос 4. Определение вычета

Вопрос 5. Определение линейной независимости системы векторов

Вопрос 6. Свойство линейности оператора

Вопрос 7. Что такое интегральное ядро оператора?

Вопрос 8. Асимптотика функции Бесселя на бесконечности

Вопрос 9. Четность полиномов Лежандра

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Дан правильный ответ на поставленный вопрос
не зачтено	Ответ отсутствует

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несуществе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ответа			ошибок	нных ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Вопрос 1. Условие аналитичности функции

Вопрос 2. Формула Коши

Вопрос 3. Разложение функции в ряд Лорана

Вопрос 4. Лемма Жордана

Вопрос 5. Построение ортонормированного базиса векторного пространства

Вопрос 6. Теорема о собственных векторах и собственных значениях эрмитова оператора

Вопрос 7. Функция Грина оператора Лапласа

Вопрос 8. Разложение функции Бесселя в ряд Тэйлора

Вопрос 9. Коммутационные соотношения для операторов момента

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Дан правильный ответ на поставленный вопрос
не зачтено	Ответ на вопрос отсутствует

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бурдов Владимир Анатольевич. Операторные основы физики : учебное пособие / В. А. Бурдов, А. А. Перов, Д. В. Хомицкий ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2022. - 188 с. - ISBN 978-5-91326-773-3 : 200.00. - Текст : непосредственный., 82 экз.
2. Смирнов Владимир Иванович. Курс высшей математики : [для мех.-мат. и физ.-мат. фак. ун-тов]. Т. 2. - 21-е изд., стер. - М. : Наука, 1974. - 655 с. : черт. - 1.26. - Текст : непосредственный., 3 экз.
3. Волковыский Лев Израилевич. Сборник задач по теории функций комплексного переменного : учеб. пособие для студентов вузов. - Изд. 4-е, перераб. - М. : Физматлит, 2006. - 312 с. - ISBN 5-9221-0264-8 : 143.99. - Текст : непосредственный., 78 экз.

Дополнительная литература:

1. Мэтьюз Дж. Математические методы физики / пер. с англ. В. П. Крайнова. - М. : Атомиздат, 1972. - 398 с. : черт. - 1.59. - Текст : непосредственный., 50 экз.
2. Ли Цзун-дао. Математические методы в физике / пер. с англ. Е. В. Захарова и А. В. Холопова ; под ред. С. В. Фомина. - М. : Мир, 1965. - 296 с. - 0.79. - Текст : непосредственный., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Интернет-ресурсы фундаментальной библиотеки ННГУ: <https://e-lib.unn.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Перов Анатолий Александрович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.