

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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дополнительные главы математической физики

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.01.01 Дополнительные главы математической физики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
<i>ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i>	<i>ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</i>	<i>ИД ПК-1: Владение избранными методами математической физики для решения задач в области физики и для освоения профильных дисциплин</i>	<i>Контрольная работа</i>	<i>Экзамен: Задачи Контрольные вопросы</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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 (часы)	в том числе	
		Контактная работа (работа во	Самостоятельная

	взаимодействии с преподавателем), часы из них			Всего	работа обучающегося, часы
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы			
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Асимптотические методы.	26	8	8	16	10
2. Избранные методы решения уравнений в частных производных	16	4	4	8	8
3. Преобразование Лапласа.	16	4	4	8	8
4. Интегральные уравнения.	48	16	16	32	16
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Асимптотические методы. Асимптотические ряды. Формула суммирования Пуассона. Оценка сумм через интегралы. Метод Лапласа оценки интегралов в одномерном случае. Метод стационарной фазы. Метод перевала для интегралов типа интеграла Лапласа. Метод ВКБ и метод малого параметра для решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Избранные методы решения уравнений в частных производных. Решение неоднородных и нестационарных краевых задач через разложение по собственным функциям. Метод Даламбера для решения задач о распространении волн.
3. Преобразование Лапласа. Основные свойства. Изображения элементарных функций. Формула Меллина для обращения преобразования Лапласа. Применение преобразования Лапласа для решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных
4. Интегральные уравнения. Основные типы линейных интегральных уравнений. Решение методом дискретизации на сетке с переходом к алгебраической задаче. Уравнения с вырожденным ядром. Теория Фредгольма и методы решения фредгольмовских уравнений. Применение преобразования Лапласа для решения некоторых классов интегральных уравнений, в том числе уравнений Фредгольма и Вольтерра. Применение метода резольвент и метода последовательных приближений. Уравнения с симметричным ядром. Нахождение характеристических чисел и собственных значений. Решение однородных и неоднородных уравнений. Функция Грина краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 32 ч.

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.

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Используя метод Лапласа и интегральное представление функции

$$\text{Бесселя мнимого аргумента } I_n(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^{x \cos \varphi} \cos(n\varphi) d\varphi, \text{ получить}$$

асимптотическое выражение для $I_n(x)$ при $x \rightarrow +\infty$.

2. Решить интегральное уравнение Вольтерра первого рода с помощью

$$\text{преобразования Лапласа: } sh(x) = \int_0^x \cos(x-t)u(t) dt.$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучаемый правильно решил половину или более половины задач контрольной работы
не зачтено	Обучаемые правильно решил менее половины задач контрольной работы

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
		не зачтено			зачтено		
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	соответствующем программе подготовки и. Ошибок нет.	превышающей программу подготовки.
<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 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Решить с помощью преобразования Лапласа дифференциальное уравнение $\frac{dy(x)}{dx} + a \cdot y(x) = b$, $y(0) = 0$, где a и b - постоянные.

2. Решить интегральное уравнение Вольтерра второго рода с помощью преобразования Лапласа: $u(x) = \cos(3x) + \int_0^x e^{-(x-t)} u(t) dt$.

3. Решить интегральное уравнение с вырожденным ядром:

$$\varphi(x) - \lambda \int_0^{\pi/2} \sin(x) \cdot \cos(t) \cdot \varphi(t) dt = \sin(x).$$

4. Пользуясь интегрированием по частям, показать справедливость

$$\text{асимптотического выражения } \int_z^{\infty} e^{z-t} \frac{t dt}{z^2} \sim \frac{1}{z} + \frac{1}{z^2}, \quad z < t < \infty, \text{ при } z \rightarrow \infty.$$

5. Построить функцию Грина и решить с её помощью краевую задачу

$$y'' + y = x, \quad y(0) = y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0.$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в полном объёме на вопрос в билете, а также на дополнительный вопрос повышенной трудности.
отлично	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в

Оценка	Критерии оценивания
	полном объеме на вопрос в билете, а также на дополнительный вопрос.
очень хорошо	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в полном объеме на вопрос в билете, но не ответил в полном объеме на дополнительный вопрос.
хорошо	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил с достаточной полнотой на вопрос в билете, демонстрируя навыки обоснования теоретических положений с помощью преподавателя.
удовлетворительно	Обучаемый применял правильные методы для решения задачи в билете и рассказал основные положения теоретического вопроса без обоснования, с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Обучаемый не смог применить правильные методы для решения задачи в билете и не рассказал основные положения теоретического вопроса.
плохо	Обучаемый не смог продемонстрировать какие-либо методы для решения задачи в билете и не рассказал никаких положений теоретического вопроса.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1	Асимптотические ряды.	ПК-1
2	Оценка сумм через интегралы.	ПК-1
3	Метод Лапласа оценки интегралов в одномерном случае.	ПК-1
4	Метод стационарной фазы.	ПК-1
5	Метод перевала для интегралов типа интеграла Лапласа.	ПК-1
6	Решение неоднородных и нестационарных краевых задач для уравнений в частных производных через разложение по	ПК-1

	собственным функциям.	
7	Преобразование Лапласа. Основные свойства и теоремы. Изображения элементарных функций.	ПК-1
8	Формула Меллина для обращения преобразования Лапласа.	ПК-1
9	Применение преобразования Лапласа для решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.	ПК-1
10	Основные типы линейных интегральных уравнений. Решение методом дискретизации на сетке с переходом к алгебраической задаче.	ПК-1
11	Уравнения Фредгольма 2-го рода с вырожденным ядром.	ПК-1
12	Применение преобразования Лапласа для решения интегральных уравнений Вольтерра с разностным ядром.	ПК-1
13	Решение уравнений Вольтерра 2-го рода методом резольвенты (построение резольвенты через ряд по повторным ядрам)	ПК-1
14	Решение уравнений Вольтерра 2-го рода методом последовательных приближений.	ПК-1
15	Характеристические значения и собственные функции уравнений Фредгольма 2-го рода с симметричным ядром.	ПК-1
16	Неоднородные уравнения Фредгольма 2-го рода с симметричным ядром.	ПК-1
17	Функция Грина краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.	ПК-1

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в

Оценка	Критерии оценивания
	полном объеме на вопрос в билете, а также на дополнительный вопрос повышенной трудности.
отлично	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в полном объеме на вопрос в билете, а также на дополнительный вопрос.
очень хорошо	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил в полном объеме на вопрос в билете, но не ответил в полном объеме на дополнительный вопрос.
хорошо	Обучаемый самостоятельно и правильно решил задачу в билете и ответил с достаточной полнотой на вопрос в билете, демонстрируя навыки обоснования теоретических положений с помощью преподавателя.
удовлетворительно	Обучаемый применял правильные методы для решения задачи в билете и рассказал основные положения теоретического вопроса без обоснования, с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Обучаемый не смог применить правильные методы для решения задачи в билете и не рассказал основные положения теоретического вопроса.
плохо	Обучаемый не смог продемонстрировать какие-либо методы для решения задачи в билете и не рассказал никаких положений теоретического вопроса.

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

Основная литература:

1. Федорюк Михаил Васильевич. Метод перевала. - М. : Наука, 1977. - 368 с. - 1.70., 4 экз.
2. Ильин Арлен Михайлович. Асимптотические методы в анализе. - М. : Физматлит, 2009. - 248 с. - ISBN 978-5-9221-1056-3 : 75.00., 1 экз.
3. Будаков Борис Михайлович. Сборник задач по математической физике : учеб. пособие для ун-тов. - Изд. 4-е, испр. - М. : Физматлит, 2004. - 688 с. - ISBN 5-9221-0311-3 : 245.10., 64 экз.
4. Лаврентьев Михаил Алексеевич. Методы теории функций комплексного переменного : [учеб. пособие для ун-тов]. - Изд. 4-е, испр. - М. : Наука, 1973. - 736 с. : ил. - 1.77., 34 экз.
5. Шелковников Феодосий Алексеевич. Сборник упражнений по операционному исчислению : [для втузов]. - 3-е изд. - М. : Высшая школа, 1976. - 184 с. : черт. - 0.25., 86 экз.
6. Краснов Михаил Леонтьевич. Интегральные уравнения : учеб. пособие для студентов втузов. - 2-е изд., доп. - М. : Наука, 1976. - 216 с. - (Избранные главы высшей математики для инженеров и студентов втузов. Задачи и упражнения). - 0.50., 16 экз.
7. Краснов Михаил Леонтьевич. Интегральные уравнения. Введение в теорию : учеб. пособие для втузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. - 301 с. - (Избранные главы высшей математики для инженеров и студентов втузов). - 25.00., 6 экз.
8. Сидоров Юрий Викторович. Лекции по теории функций комплексного переменного : [учеб. для

инженер.-физ. и физ.-техн. специальностей вузов]. - 3-е изд., испр. - М. : Наука, 1989. - 477 с. : ил. - 1.30., 29 экз.

Дополнительная литература:

1. Моисеев Никита Николаевич. Асимптотические методы нелинейной механики : [учеб. пособие для ун-тов]. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1981. - 400 с. : ил. - 1.10., 2 экз.
2. Тихонов Андрей Николаевич. Уравнения математической физики : учеб. для вузов физико-мат. специальностей / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 7-е изд. - М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2004. - 798 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 5-211-04843-1. - ISBN 5-02-033599-1 : 410.40., 4 экз.
3. Брейн Н. Г. Асимптотические методы в анализе / пер. с англ. М. А. Евграфова. - М. : Изд-во иностр. лит., 1961. - 247 с. : граф. - 0.96., 2 экз.
4. Олвер Фрэнк. Введение в асимптотические методы и специальные функции / пер. с англ. Ю. А. Брычкова ; под ред. А. П. Прудникова. - М. : Наука, 1978. - 375 с. - 2.00., 3 экз.
5. Михлин Соломон Григорьевич. Лекции по линейным интегральным уравнениям : [для мех.-мат. и физ.-мат. фак. ун-тов]. - М. : Физматгиз, 1959. - 232 с. - 0.45., 2 экз.
6. Бицадзе Андрей Васильевич. Сборник задач по уравнениям математической физики : [учеб. пособие для мех.-мат. и физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., доп. - М. : Наука, 1985. - 310 с. - 1.10., 2 экз.

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

Не предусмотрено

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): Хомицкий Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.