

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Методы математической физики

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК 1 – Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 – Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат и методы математической физики и моделей физических явлений.

– Научиться применять понятийный аппарат и методы математической физики для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1, модуль «Теоретическая физика».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

семестр 3, зачет с оценкой;

семестр 4, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными понятиями и методами дифференциального и интегрального исчисления, линейной алгебры, элементами теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 з.е., 360 часов, из которых:

– лекции: 96 ч.;

–практические занятия: 64 ч.;

– в том числе практическая подготовка 64ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Линейные функционалы и вариационное исчисление.

Линейное нормированное пространство функций. Функционалы. Линейные функционалы. Экстремум функционала, вариация функционала и функции, стационарная точка. Теорема о необходимом условии экстремума функционала. Основная лемма вариационного исчисления. Уравнения Эйлера – Лагранжа для основных функционалов. Ядро линейного функционала как обобщенная функция. Определение δ – функции. Дифференцирование обобщенных функций. Предел последовательности обобщенных функций. Дельта-образные последовательности. Свойства δ – функции. Регуляризация

обобщенной функции. Линейные дифференциальные уравнения с обобщенными функциями. Фундаментальное решение. Преобразование Фурье обобщенных функций.

Тема 2. Комплексный анализ.

Комплексные числа и действия над ними. Комплексная плоскость. Множества на комплексной плоскости. Функции комплексного переменного. Дифференцируемость. Условия Коши – Римана. Интеграл от функции комплексного переменного. Теорема Коши. Формула и интеграл Коши. Интеграл типа Коши. Высшие производные. Равномерная сходимости. Принцип максимума модуля. Ряд Тейлора голоморфной функции. Степенные ряды. Определение основных элементарных функции комплексного переменного. Ряды Лорана. Особые точки. Аналитическое продолжение. Вычеты. Бесконечно удаленная точка. Вычисление интегралов при помощи вычетов. Принцип аргумента. Основная теорема алгебры. Понятие конформного отображения. Основная теорема теории конформных отображений. Дробно-линейное отображение. Гармонические функции двух переменных.

Тема 3. Элементы операционного исчисления.

Преобразование Лапласа. Основные свойства преобразования Лапласа. Примеры применения преобразования Лапласа.

Тема 4. Специальные функции математической физики.

Особые точки линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Уравнение Бесселя, решения в виде ряда; различные типы функций Бесселя. Интегральные представления функций Бесселя. Производящая функция для функций Бесселя целого индекса. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Ортогональность функций Бесселя. Свойства нулей функций Бесселя. Ряд Фурье-Бесселя. Уравнение гипергеометрического типа. Полиномы гипергеометрического типа, формула Родрига. Полиномы Якоби, Лежандра, Чебышёва, Гегенбауэра, Лагерра, Эрмита. Свойства полиномов гипергеометрического типа. Производящие функции для полиномов гипергеометрического типа. Явные выражения для полиномов Эрмита, Лагерра, Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Сферические функции. Функции Эрмита. Интегральное представление для функций гипергеометрического типа. Гипергеометрическое уравнение. Гипергеометрическая функция и ее свойства. Вырожденное гипергеометрическое уравнение. Вырожденная гипергеометрическая функция и ее свойства. Примеры.

Тема 5. Линейные дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка.

Основные уравнения математической физики. Классификация квазилинейных дифференциальных уравнений второго порядка с двумя переменными. Классификация квазилинейных дифференциальных уравнений второго порядка с многими переменными. Краевые задачи математической физики. Эллиптические уравнения. Формулы Грина. Фундаментальные решения уравнений Лапласа и Гельмгольца. Гармонические функции. Принцип максимума для гармонической функции. Единственность решения краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона. Решение краевых задач для уравнений Лапласа и Гельмгольца методом функций Грина. Решение задачи Дирихле для круга и шара. Решение краевых задач для уравнений Лапласа и Гельмгольца методом Фурье. Плоско-параллельное безвихревое течение идеальной жидкости (постановка задачи, общие уравнения, гидродинамический потенциал, функция тока, комплексный потенциал). Гиперболические уравнения, постановка задачи Коши. Фундаментальное решение волнового оператора. Запаздывающие потенциалы. Решение задачи Коши для волнового уравнения. Сферические волны. Одномерное волновое уравнение. Метод Фурье для решения смешанной (начально-краевой) задачи для однородного уравнения. Метод Дюамель. Параболические уравнения. Фундаментальное решение оператора теплопроводности. Тепловые потенциалы. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности. Теорема об экстремуме для уравнения теплопроводности. Теорема о единственности решения задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности на бесконечном интервале.

Распространение тепла в неограниченном стержне. Решение неоднородного одномерного уравнения теплопроводности на бесконечном интервале. Распространение тепла в полуограниченном стержне, задача с нулевым граничным и произвольным начальным условием. Распространение тепла в полуограниченном стержне, задача с нулевым начальным и произвольным граничным условием.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения контрольных работ, заданий и тестов по материалам курса, и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение контрольных заданий – 40, тестов – 10. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в 3 семестре проводится в устной форме по билетам.

Результаты зачета с оценкой определяются оценкой, исходя из результатов ответов на зачете с оценкой (60%) и текущей аттестации в течение семестра (40%) в соответствии с балльной шкалой оценивания: количество набранных баллов более 80 — «отлично», от 65 до 79 — «хорошо», от 50 до 64 — «удовлетворительно, менее 50 баллов — «неудовлетворительно».

Билет состоит из двух частей.

Первая часть содержит основной вопрос, проверяющий сформированность компетенции ОПК 1 в соответствии с индикатором ИОПК 1.1. Ответы даются в развернутой форме, включая практические задачи.

Вторая часть содержит 2 дополнительных вопроса из списка контрольных вопросов по курсу (приведен в разделе 11), проверяющих соответствие индикатору достижения компетенции ИОПК 1.1. Ответ на вопрос второй части дается в краткой форме, включающей краткую интерпретацию полученных результатов.

Экзамен в 4 семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам.

Результаты экзамена определяются оценкой, исходя из результатов ответов на экзамене (60%) и текущей аттестации в течение семестра (40%) в соответствии с балльной шкалой оценивания: количество набранных баллов более 80 — «отлично», от 65 до 79 — «хорошо», от 50 до 64 — «удовлетворительно, менее 50 баллов — «неудовлетворительно».

Экзаменационный билет состоит из двух частей.

Первая часть содержит основной вопрос, проверяющий сформированность компетенции ОПК 1 в соответствии с индикатором ИОПК 1.1. Ответы даются в развернутой форме, включая практические задачи.

Вторая часть содержит 2 дополнительных вопроса из списка контрольных вопросов по курсу (приведен в разделе 11), проверяющих соответствие индикатору достижения компетенции ИОПК 1.1. Ответ на вопрос второй части дается в краткой форме, включающей краткую интерпретацию полученных результатов.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронные учебные курсы по дисциплине в электронном университете «Moodle»: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21914>,
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26373>

- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>)
- в) План семинарских занятий по дисциплине.
- д) Банк задач для самостоятельного решения по темам практических занятий.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Багров В. Г., Белов В. В., Задорожный В. Н., Трифонов А. Ю. Методы математической физики. Т. 1, 2, 3. Томск. Издательство научно-технической литературы, 2002.
2. Багров В. Г., Белов В. В., Задорожный В. Н., Трифонов А. Ю. Элементы современной математической физики. Изд. ТПУ, Томск, 2004.
3. Эльсгольц Л.Э. Вариационное исчисление. - М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
4. Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И. Вариационное исчисление. Задачи и примеры с подробными решениями. - М.: Эдиториал УРСС, 2002.
5. Шабат Б.В. Введение в комплексный анализ. М.: Наука, 1969. - 576 с.
6. Лаврентьев М.А., Шабат Б. В. Методы теории функций комплексного переменного: Учебное пособие. М.: Наука, 1987- 668 с.
7. Владимиров В.С. Уравнения математической физики.
8. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. Изд-во МГУ, 1999г. и более ранние издания.
9. Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Задачи по математической физике. Изд-во МГУ, 1998г.
10. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразований Лапласа. – ГИФМЛ, 1960.
11. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. М., Наука, 1984г.
12. Васильева А.Б., Тихонов А.Н. Интегральные уравнения. М.: Изд. МГУ, 1989.
13. Кострикин А.И. Введение в алгебру. Часть II. Линейная алгебра: Учебник для вузов. – М.: Физ.-мат. лит., 2000. – 368 с.
14. Постников М.М. Лекции по геометрии. Семестр II. Линейная алгебра. Учеб. пособие для вузов. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физматлит, 1986. – 400 с.

б) дополнительная литература:

1. Шилов Г.Е., Математический анализ. Специальный курс.
2. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж.Н, Курс современного анализа, т.1.
3. Краснов М.П. Интегральные уравнения. Введение в теорию. М.: Наука, 1981.
4. Карташев А.П., Рождественский Б.Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения и основы вариационного исчисления. М.: Наука, 1980.
5. Гельфанд И.М., Фомин С.В. Вариационное исчисление. – М.: Физматлит., 1961
6. Я.М. Котляр, Методы математической физики и задачи гидродинамики.
7. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике. Изд-во МГУ, 1993 г., 2000г.
8. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики. "Мир", М., 1984г.
9. Мисюркеев И.В. Сборник задач по методам математической физики. – М.: Просвещение, 1975. – 168 с.
10. Бицадзе А.В. Основы теории аналитических функций комплексного переменного.
11. М.: Наука, 1972. 264 с.
12. Кошляков Н. С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Дифференциальные уравнения математической физики. – М.: ГИФМЛ, 1962.
13. Сокольников И. Тензорный анализ. – М.: Наука, 1971.

14. Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике. – М.: Наука, 1976.
15. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. – М.: ГИФМЛ, 1963.
16. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. – М.: Наука, 1979.
17. Ловитт У.В. Линейные интегральные уравнения. – М.: ГИТТЛ, 1957.
18. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Интегральные уравнения. – М.: Наука, 1976.
19. Схоутен Я.Т. Тензорный анализ для физиков. – М.: Наука, 1964.
20. Гарнетт Дж. Ограниченные аналитические функции. – М.: Мир, 1984.
21. Антосик П., Микусинский Я., Сикорский Р. Теория обобщенных функций. – М.: Мир, 1976.
22. Кратцер А., Франц В. Трансцендентные функции. – М.: ИЛ, 1963.

в) ресурсы сети Интернет:

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics.htm>
<https://teach-in.ru/course/equations-of-mathematical-physics-radkevich>
<http://edu.math.msu.ru/3-kurs/complex-variable-functions-theory/>
<http://edu.math.msu.ru/3-kurs/equations-of-mathematical-physics/>
<http://teach-in.ru/file/methodical/pdf/tfcp-p1-M.pdf>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной верстки LaTeX;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате, оснащенные системой («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Казинский Петр Олегович, доктор физико-математических наук, доцент, кафедра квантовой теории поля физического факультета ТГУ, профессор.