

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 № 15 от 24.12.2025 г.

Рабочая программа дисциплины
Практикум по математическому анализу

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2026 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.02 Практикум по математическому анализу является факультативом в образовательной программе.

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
ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ИД ПК-1: Знать основные понятия и теоремы дифференциального и интегрального исчисления функций нескольких вещественных переменных; теории несобственных интегралов и интегралов, зависящих от параметра; их приложения к классическим задачам физики. Уметь применять математические методы для решения задач физики; использовать адекватный математический аппарат; выполнять приближенные вычисления и оценивать их погрешность; использовать методы математического моделирования в практической деятельности. Владеть навыками применения понятий и конструкций математического анализа к решению конкретных задач, методами решения прикладных задач.	Внеаудиторная контрольная работа Задачи	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	1
Часов по учебному плану	36
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	19
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 (часы)	в том числе			
		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. Дифференциальное исчисление функций многих переменных	9		4	4	5
Тема 2. Физические приложения кратных интегралов	5		2	2	3
Тема 3. Элементы теории поля	5		2	2	3
Тема 4. Интегралы несобственные и зависящие от параметра	16		8	8	8
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	36	0	16	17	19

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Дифференциальное исчисление функций многих переменных

Неявные функции. Теоремы о существовании неявной функции. Функциональные определители. Существование системы неявных функций. Условный экстремум. Правило множителей Лагранжа. Замена переменных в дифференциальных выражениях.

Тема 2. Физические приложения кратных интегралов

Вычисление массы плоской пластинки и тела, координат центра масс, статических моментов и моментов инерции.

Тема 3. Элементы теории поля

Циркуляция вектора. Поток вектора через поверхность.

Скалярные и векторные поля. Теорема Гаусса-Остроградского, ее векторная форма.

Дивергенция векторного поля и ее инвариантное определение. Теорема Стокса и ее векторная форма. Ротор и его инвариантное определение.

Тема 4. Интегралы несобственные и зависящие от параметра

Определение несобственных интегралов первого и второго рода. Эталонные интегралы.

Свойства сходящихся интегралов. Критерии сходимости несобственных интегралов.

Достаточные признаки сходимости несобственных интегралов. Мажорантный признак

сравнения. Предельный признак сравнения. Абсолютная и условная сходимость

несобственных интегралов. Признак Абеля. Признак Дирихле. Расширение методов

интегрирования на несобственные интегралы. Замена переменных. Интегрирование по частям.

Главное значение несобственного интеграла. Интегралы, зависящие от параметра.

Непрерывность, дифференцирование и интегрирование по параметру. Несобственные

интегралы от параметра. Интегралы Эйлера первого и второго рода. Вычисление интегралов с

помощью Бета- и Гамма-функций.

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.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Практикум по математическому анализу»

включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий,

выполнение домашних самостоятельных работ, подготовку к самостоятельной работе, зачету.

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, указанным в списке литературы, решении практических задач, подготовке ответов на вопросы самоконтроля. Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

Самостоятельная работа под контролем преподавателя направлена на активизацию познавательной деятельности студента и установление «обратной связи» между студентом и преподавателем.

В данной программе разработаны задания по конкретным темам дисциплины, позволяющие студентам глубже изучить данный раздел программы, способствующие воспитанию у них способности принимать самостоятельные решения. Для проведения текущего контроля сформированности компетенции используются аудиторная самостоятельная работа, внеаудиторная контрольная работа. Приведены задания для внеаудиторной контрольной и самостоятельной работ, отчетов по темам дисциплины.

Изучение теоретического материала определяется рабочей учебной программой дисциплины, календарным планом изучения дисциплины и перечнем литературы. При подготовке к занятиям рекомендуется повторить материал предшествующих тем рабочего учебного плана, а также материал предшествующих учебных дисциплин, который служит базой изучаемого раздела данной дисциплины. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить материалы лекции по математическому анализу, рекомендованную литературу. Изученный материал

следует проанализировать в соответствии с планом занятия, затем проверить степень усвоения содержания вопросов.

Практические занятия неразрывно связаны с домашними заданиями как основным видом текущей самостоятельной работы, являясь, в сочетании с систематическим изучением теоретического материала, основой рейтинговой оценки знаний, фиксируемой в промежуточной и итоговой аттестациях.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- повторение пройденного учебного материала, чтение рекомендованной литературы;
- подготовку к практическим занятиям;
- выполнение общих и индивидуальных домашних заданий;
- работу с электронными источниками;
- подготовку к сдаче зачета.

Планирование времени на самостоятельную работу важно осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом повторение пройденного материала.

При подготовке к зачету следует руководствоваться перечнем вопросов для подготовки к итоговому контролю по курсу. При этом необходимо уяснить суть основных понятий дисциплины.

Самостоятельная работа студентов, прежде всего, заключается в изучении литературы, дополняющей материал, излагаемый в лекционной части дисциплины "Математический анализ". Необходимо овладеть

навыками библиографического поиска, в том числе в сетевых Интернет-ресурсах.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – метод повторения: смысл прочитанного текста можно заучить наизусть.

Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод осознанного запоминания: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения. Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

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 - Внеаудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задача 1. Функция двух переменных $z(x, y)$ задана неявно уравнением $F(x + y, y + z) = 0$, где F – дифференцируемая функция. Вычислить dz и d^2z .

Задача 2. Преобразовать уравнение $(1 - x^2) \frac{d^2y}{dx^2} - x \frac{dy}{dx} = 0$, полагая $x = \cos t$.

Задача 3. Вычислить координаты центра тяжести фигуры, ограниченной линиями $y^2 = x + 1$; $y^2 = -\frac{1}{2}x + 1$, с помощью двойного интеграла (поверхностную плотность считать равной единице).

Задача 4. Найти массу тела V , ограниченного поверхностями $64(x^2 + y^2) = z^2$, $x^2 + y^2 = 4$, $y = 0$, $z = 0$ ($y \geq 0, z \geq 0$) с плотностью $\rho = \frac{5(x^2 + y^2)}{4}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Внеаудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Без грубых ошибок выполнено более 50% заданий контрольной работы
не зачтено	Без грубых ошибок выполнено не более 50% заданий контрольной работы или ни одно задание контрольной работы не выполнено

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задача 1. Функция задана неявно уравнением $z + x \ln z + y = 0$. Вычислить частные производные и дифференциал первого порядка.

Задача 2. Найти точки экстремума функции $z = xy$ при условии $x^2 + y^2 = 2a^2$.

Задача 3. Найти массу криволинейной трапеции, ограниченной линиями $xy = 1$, $y = x$, $x = 4$, $y = 0$, с поверхностной плотностью $\gamma = xy$.

Задача 4. Найти центр масс однородного шарового слоя, заключённого между сферой $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ и плоскостями $x = a$, $x = b$ ($a < b < R$).

Задача 5. Вычислить несобственный интеграл или установить его расходимость $\int_1^{+\infty} \frac{\ln x}{x} dx$.

Задача 6. Исследовать сходимость несобственного интеграла $\int_0^1 \frac{dx}{x \sin x}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена с негрубыми ошибками
не зачтено	Задача не решена или при решении задачи допущены грубые ошибки

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 материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	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 ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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

Задание 1. Функция задана неявно уравнением $y^2 = 2^{-x}(x - z)$. Вычислить частные производные и дифференциал первого порядка.

Задание 2. Найти $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$, если функция $z(x, y)$ задана неявно уравнением

$$F(x + y + z, x^2 + y^2 + z^2) = 0, \quad F - \text{дважды дифференцируемая функция.}$$

Задание 3. Функцию $z = 1 - x - y$ методом Лагранжа исследовать на экстремум при условии $x^2 + y^2 = 1$.

Задание 4. Преобразовать выражение $x^2 y'' - 4xy' + y$ к новой независимой переменной, полагая $x = e^z$.

Задание 5. Найти координаты центра масс круглой пластинки, $x^2 + y^2 \leq a^2$, если плотность её в точке $M(x, y)$ пропорциональна расстоянию от точки M до точки $A(a, 0)$.

Задание 6. Найти момент инерции относительно оси Oz однородного тела $x^2 + y^2 \leq z \leq 1$.

Задание 7. Определить работу силы $\vec{F} = x^2 \vec{i} + y^2 \vec{j} + z^2 \vec{k}$ вдоль любого замкнутого контура.

Задание 8. Найти поток вектора $\vec{A} = xy \vec{i} + yz \vec{j} + xz \vec{k}$ через границу части шара $x^2 + y^2 + z^2 = 1$, заключённой в первом октанте.

Задание 9. Исследовать на сходимость интеграл $\int_0^{\infty} \frac{\arctg x dx}{(1+x^2)^{\frac{3}{2}}}$.

Задание 10. Исследовать на сходимость интеграл $\int_0^1 \frac{\sqrt{x} dx}{\sqrt{1-x} \arcsin x}$.

Задание 11. Найти область сходимости интеграла $I(p) = \int_0^{+\infty} \frac{\sin x^2}{1+x^p} dx$.

Задание 12. Исследовать интеграл на равномерную сходимость $I(\alpha) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\cos \alpha x dx}{1+x^2}$.

Задание 13. С помощью дифференцирования по параметру вычислить интеграл

$$I(\alpha, \beta) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-\alpha x} - e^{-\beta x}}{x} \sin mx dx.$$

Задание 14. Выразить через Эйлеровы интегралы и определить область существования

$$I(a) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \operatorname{ctg}^{2a-1} x dx.$$

Задание 15. С помощью Эйлеровых интегралов вычислить интеграл $\int_0^{\infty} \frac{dx}{1+x^3}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена с негрубыми ошибками
не зачтено	Задача не решена или при решении задачи допущены грубые ошибки

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

1. Неявная функция одного переменного. Теорема о существовании неявной функции одного переменного (без доказательства). Вычисление производных неявной функции одного переменного.
2. Неявная функция двух переменных. Теорема о существовании неявной функции двух переменных (без доказательства). Вычисление частных производных неявной функции двух переменных.
3. Неявные функции, определяемые системой уравнений. Якобиан.
4. Условный экстремум функции нескольких переменных. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
5. Замена переменных в дифференциальных выражениях.
6. Физические приложения двойных и тройных интегралов: вычисление массы, координат центра тяжести, статических моментов тела в пространстве и плоской пластинки, моментов инерции тела в пространстве и плоской пластинки относительно объекта.

7. Поток вектора через поверхность.
8. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского в векторной форме. Физический смысл дивергенции. Соленоидальные поля. Производительность векторной трубки.
9. Циркуляция вектора вдоль кривой. Ротор вектора. Теорема Стокса в векторной форме. Потенциальные поля.
10. Потенциально-соленоидальные поля в плоском случае.
11. Несобственные интегралы первого рода: определение, сходимость и расходимость, главное значение, аналог формулы Ньютона-Лейбница. Свойства несобственных интегралов первого рода. Особые точки несобственного интеграла первого рода.
12. Теоремы сравнения для несобственных интегралов первого рода.
13. Абсолютная и условная сходимость несобственного интеграла первого рода. Теорема Коши о связи абсолютной сходимости и сходимости несобственного интеграла первого рода.
14. Несобственные интегралы второго рода: определение, сходимость и расходимость, главное значение, аналог формулы Ньютона-Лейбница. Свойства несобственных интегралов второго рода. Особые точки несобственного интеграла второго рода.
15. Теоремы сравнения для несобственных интегралов первого рода.
16. Первый и второй признаки сходимости для несобственных интегралов (без доказательства).
17. Определенные интегралы, зависящие от параметра. Свойства определенных интегралов, зависящих от параметра: непрерывность, дифференцирование по параметру, интегрирование по параметру.
18. Несобственные интегралы, зависящие от параметра. Сходимость и равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса равномерной сходимости.
19. Свойства равномерно сходящихся несобственных интегралов, зависящих от параметра: непрерывность, интегрирование по параметру, дифференцирование по параметру.
20. Признаки равномерной сходимости несобственных интегралов, зависящих от параметра (без доказательства).
21. Вычисление несобственных интегралов с помощью предварительного дифференцирования по параметру.
22. Гамма-функция: определение, сходимость и равномерная сходимость. Свойства Гамма-функции.
23. Бета-функция: определение, сходимость и равномерная сходимость. Свойства Гамма-функции.
24. Связь между Бета и Гамма-функциями.
25. Формула дополнения, формула удвоения, формула Стирлинга (без доказательства).
26. Вычисление интегралов с помощью Бета и Гамма-функций.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведен ответ на поставленный вопрос с негрубыми ошибками
не зачтено	Не приведен ответ на поставленный вопрос или при формулировке ответа допущены грубые ошибки

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

Основная литература:

1. Солдатов Михаил Александрович. Математический анализ функции многих переменных : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.02 "Физика", 11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника", 09.03.02 "Информ. системы и технологии", 28.03.02 "Нанотехнологии и микросистемная техника" / под общ. ред. М. А. Солдатова ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 227 с. - ISBN 978-5-91326-309-4 : 123.40., 92 экз.
2. Солдатов Михаил Александрович. Интегралы несобственные и зависящие от параметра. Ряды : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.02 "Физика", 11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника", 09.03.02 "Информ. системы и технологии", 28.03.02 "Нанотехнологии и микросистем. техника" / под ред. М. А. Солдатова ; ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 184 с. - ISBN 978-5-91326-313-1 : 140.53., 94 экз.
3. Берман Георгий Николаевич. Сборник задач по курсу математического анализа : учеб. пособие [для вузов]. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 492 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-507-47523-0 : 1571.90., 30 экз.

Дополнительная литература:

1. Кудрявцев Лев Дмитриевич. Курс математического анализа : [учеб. для физ.-мат. и инженер.-физ. специальностей вузов] : в 3 т. Т. 1 / Л. Д. Кудрявцев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988. - 712 с. : ил. - ISBN 5-06-001290-5 (в пер.) : 1.60., 261 экз.
2. Кудрявцев Лев Дмитриевич. Курс математического анализа : учеб. для студентов физ.-мат. и инженер.-физ. специальностей вузов : в 3 т. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988-. Курс математического анализа. Т. 2. - 1988. - 575, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000444-9, 5-06-00145 (Т.2) : 1.40., 181 экз.
3. Ильин Владимир Александрович. Основы математического анализа : учеб. для студентов физ. специальностей и специальности "Прикладная математика" : [в 2 ч.]. Ч. 1 / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. - Изд. 7-е, стер. - Москва : Физматлит, 2021. - 648 с. - (Курс высшей математики и математической физики / под ред. А. Н. Тихонова, В. А. Ильина, А. Г. Свешникова ; вып. 1). - ISBN 978-5-9221-0902-4 : 1900.00., 1 экз.
4. Ильин Владимир Александрович. Основы математического анализа : учеб. для студентов физ. специальностей и специальности "Прикладная математика" : [в 2 ч.]. Ч. 2 / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. - Изд. 5-е, стер. - Москва : Физматлит, 2022. - 464 с. - (Курс высшей математики и математической физики / под ред. А. Н. Тихонова, В. А. Ильина, А. Г. Свешникова ; вып. 2). -

ISBN 978-5-9221-0537-8 : 1500.00., 1 экз.

5. Фихтенгольц Григорий Михайлович. Основы математического анализа. Ч. 2. - Изд. 8-е, стер. - СПб. : Лань, 2006. - 464 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0191-4 (ч. 2) : 249.00., 1 экз.

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

www.biblioclub.ru ЭБС «Университетская библиотека онлайн»

www.elibrary.ru Научная электронная библиотека

www.ebiblioteka.ru Универсальные базы данных изданий

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): Ястребова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 23.12.2025, протокол № б/н.