

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дополнительные главы математического анализа

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.19 Дополнительные главы математического анализа 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
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	УК-1.1: Знать: Различные методы и способы вычисления значений двойных, тройных, криволинейных и поверхностных интегралов. Формулы Грина, Стокса, Гаусса-Остроградского. УК-1.2: Уметь: Решать математические задачи и проблемы, аналогичные ранее изученным: 1. Вычислять с помощью повторных интегралов значения двойных и тройных интегралов 2. Применять двойные и тройные интегралы к решению геометрических задач 3. Вычислять криволинейные интегралы 1 и 2 рода 4. Вычислять поверхностные интегралы 1 и 2 рода 5. Записывать интегральные и дифференциальные соотношения на языке теории поля. Анализировать и осуществлять поиск современных технологий и	Тест	Экзамен: Практическая задача

		методик для своего направления. УК-1.3: Владеть: Способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на профессиональную тему.		
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук ОПК-1.2: Умеет использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности, осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний ОПК-1.3: Имеет практический опыт применения фундаментальных знаний, полученных в области математических и естественных наук в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знать: Основные понятия математического анализа, понятия квадратуры, двойного интеграла, тройного интеграла, якобиана, криволинейного интеграла, поверхностного интеграла, условия независимости интеграла от пути, от поверхности, понятия теории поля и взаимосвязь между ними. ОПК-1.2: Уметь: Вычислять значение двойного и тройного интегралов, криволинейных и поверхностных, вычислять якобианы переходов, выбирать подходящую замену переменных, выбор системы координат ОПК-1.3: Владеть : Навыком вычисления интегралов, сведения интегралов к повторным	Тест	Экзамен: 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)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	38
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 взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Кратные интегралы. Задачи, приводящие к понятию кратного интеграла. Определение и свойства двойного интеграла. Приведение двойного интеграла к повторному. Замена переменных. Геометрический смысл якобиана преобразования. Полярная замена координат. Тройные и многократные интегралы. Приведение к повторным. Замена переменных. Цилиндрическая и сферическая системы координат в пространстве. Геометрические приложения двойных интегралов: объем бруса, площадь поверхности в случае явного и параметрического задания. Приложения кратных интегралов к задачам механики: масса, статические моменты, центр масс, моменты инерции.	18	8		8	10
Тема 2 Криволинейные интегралы. Задачи, приводящие к понятию криволинейного интеграла. Криволинейный интеграл первого ряда, его вычисление. Криволинейный интеграл второго ряда. Соотношение криволинейных интегралов. Вычисление криволинейного интеграла второго ряда Ориентация контура. Плоская односвязная область. Интеграл по замкнутому контуру. Формула Грина. Вычисление площадей с помощью формулы Грина. Условия независимости интеграла от пути интегрирования. Восстановление функции двух переменных по ее полному дифференциалу.	18	8		8	10
Тема 3 Поверхностные интегралы. Поверхностный интеграл первого рода. Вычисление с помощью двойного интеграла. Двусторонние поверхности. Поверхностный интеграл второго рода. Вычисление с помощью двойного интеграла. Связь поверхностных интегралов. Поверхностно односвязная область. Формула Стокса. Условия независимости криволинейного интеграла по пространственной кривой от пути интегрирования. Восстановление функции трех переменных по ее полному дифференциалу. Пространственно односвязная область. Формула Остроградского и ее геометрические приложения.	17	8		8	9
Тема 4 Векторный анализ. Физические задачи, приводящие к понятиям скалярного и векторного полей. Оператор Гамильтона. Градиент. Поле градиентов. Дивергенция (расходимость) векторного поля. Ротор. Поле роторов. Циркуляция векторного поля. Поток векторного поля. Формулы Грина, Стокса и Остроградского-Гаусса в векторной форме.	17	8		8	9

Соленоидальные векторные поля. Условия соленоидальности поля, физический смысл дивергенции. Потенциальные векторные поля. Критерий потенциальности векторного поля.					
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	38

Содержание разделов и тем дисциплины

Определение двойного интеграла.

Условия существования двойного интеграла.

Повторное интегрирование в двойном интеграле: прямоугольная область интегрирования и область с криволинейными границами.

Замена переменных в двойном интеграле. Полярная и обобщенная полярная замена.

Свойства двойного интеграла.

Дифференцирование двойного интеграла по области.

Площадь плоской фигуры, объем бруса.

Площадь графика гладкой функции двух переменных: определение площади поверхности, формула для ее вычисления.

Площадь гладкой поверхности, заданной параметрически: ее вычисление. Гауссовы коэффициенты.

Дифференциал поверхности.

Определение тройного интеграла. Дифференцирование по области.

Вычисление тройного интеграла: повторное интегрирование, замена переменных.

Сферическая и обобщенная сферическая замена переменных.

Цилиндрическая и обобщенная цилиндрическая замена переменных.

Определение интеграла 1 рода по плоской кривой.

Достаточные условия существования и вычисление интеграла 1 рода в случае явного задания плоской кривой.

Вычисление интеграла 1 рода в случае параметрического задания плоской кривой и в полярных координатах.

Вычисление интеграла 1 рода по пространственной кривой (без док-ва).

Определение интеграла 2 рода по плоской кривой.

Вычисление интеграла 2 рода по плоской кривой, заданной параметрически (без док-ва).

Соотношение между интегралами 1 и 2 рода по плоской кривой (без док-ва).

Интеграл 2 рода по плоскому контуру. Ориентация контура.

Формула Грина.

Вычисление площади плоской фигуры по формуле Грина.

Обоснование формулы для площади плоской фигуры при замене переменных.

Применение формулы Грина к обоснованию формулы замены переменных в двойном интеграле.

Плоская односвязная область.

Условия независимости интеграла 2 рода по плоской кривой от выбора пути интегрирования.

Восстановление функции 2 переменных по её дифференциалу.

Вычисление интеграла 2 рода по пространственной кривой (без док-ва).

Соотношение между интегралами 1 и 2 рода по пространственной кривой (без док-ва).

Определение и вычисление интеграла по поверхности 1 рода (без док-ва).

Двусторонние поверхности. Ориентация пространственного контура.

Определение и вычисление интеграла по поверхности 2 рода.

Направляющие косинусы для двусторонней поверхности, заданной параметрически.

Соотношение между интегралами по поверхности 1 и 2 рода.

Формула Стокса.

Поверхностно односвязная область.

Условия независимости интеграла по пространственной кривой 2 рода от выбора пути интегрирования.

Восстановление функции 3 переменных по её дифференциалу (без док-ва).

Формула Гаусса-Остроградского.

Вычисление некоторых тройных интегралов и объёма по этой формуле.

Пространственно односвязная область.

Условия независимости интеграла по поверхности 2 рода от выбора по-верхности, натянутой на контур.

Производная по направлению. Градиент. Оператор Гамильтона.

Векторные линии поверхности и трубки.

Потенциальное поле. Критерий потенциальности. Восстановление потен-циала.

Поток векторного поля.

Дивергенция. Формула Гаусса-Остроградского в векторной форме.

Соленоидальное поле. Интенсивность векторной трубки.

Циркуляция вектора.

Ротор. Формула Стокса в векторной форме. Безвихревое поле.

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Математический анализ ДО (3,4 семестр)"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=289>).

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 - Тест) для оценки сформированности компетенции УК-1:

2. Тип – одиночный выбор.

Какое из нижеприведенных выражений соответствует верной расстановке пределов интегрирования функции $f(x, y)$ по области $x^2 + y^2 + z^2 \leq 4$, $z \geq 0$ при применении сферической замены $x = r \cos \varphi \cos \psi$, $y = r \sin \varphi \cos \psi$, $z = r \sin \psi$?

- $\int_{-\pi}^{\pi} d\varphi \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\psi \int_0^2 f(r \cos \varphi \cos \psi, r \sin \varphi \cos \psi, r \sin \psi) r dr$ (+)
- $\int_{-\pi}^{\pi} d\varphi \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\psi \int_0^2 f(r \cos \varphi \cos \psi, r \sin \varphi \cos \psi, r \sin \psi) r dr$
- $\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\psi \int_0^2 f(r, \varphi, \psi) r dr$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

3. Тип – одиночный выбор.

Укажите, какое из представленных выражений является формулой вычисления криволинейного интеграла?

- $\int_L f(x,y)ds = \int_{t_0}^T f(x(t), y(t))\sqrt{x'^2(t) + y'^2(t)} dt$ (+)
- $\int_L f(x,y)ds = \int_{t_0}^T f(x(t), y(t))\sqrt{1 + x'^2(t) + y'^2(t)} dt$
- $\int_L f(x,y)ds = \int_a^b f(x, y(x)) dx$

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет							
<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 и 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».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	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 - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции УК-1

<i>К указанным задачам сделать чертеж области (кривой линии) на плоскости или в пространстве.</i>
C1. Измените порядок интегрирования в повторном интеграле: $\int_{-\pi}^{\pi} dx \int_{-1}^{\cos(x)} f(x, y) dy$
C2. Найдите циркуляцию вектора $\vec{F} = y\vec{i} - 2z\vec{j} + x\vec{k}$ вдоль контура $L: \{(x, y, z): 2x^2 - y^2 + z^2 = a^2, x = y\}$, положительно ориентированного на правой стороне плоскости.
C3. Найдите интеграл по поверхности $\iint_S x^2 dydz + y^2 dx dz + xy dx dy$, S – внешняя поверхность конуса $x = \sqrt{y^2 + z^2}$ ($0 \leq x \leq 1$).

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
отлично	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но

Оценка	Критерии оценивания
	некоторые с недочетами.
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

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

1. Что называется несобственным интегралом первого, второго рода?
2. Напишите интеграл Эйлера-Пуассона. Как найти значение этого интеграла?
3. Напишите интеграл Дирихле. Как найти значение этого интеграла?
4. Что такое гамма-функция, бета-функция? Зачем они нужны?
5. Как интегрировать функцию двух переменных? Дайте определение двойного интеграла.
6. Что такое повторные интегралы? Как поменять порядок интегрирования в повторном интеграле?
7. Как сделать замену переменных в двойном интеграле?
8. Что такое тройной интеграл и многократные интегралы?
9. Как вычислить двойной, тройной интеграл?
10. Какие приложения двойных интегралов вам известны?
11. Как найти площадь плоской области, объем цилиндрического тела, площадь гладкой криволинейной поверхности, центр тяжести пластины?
12. Цилиндрическая и сферическая системы координат в пространстве.
13. Как определяется криволинейный интеграл первого, второго рода?
14. Зависит ли криволинейный интеграл первого рода от направления интегрирования? Что можно сказать в этом случае относительно криволинейного интеграла второго рода?
15. Как вычислить криволинейный интеграл первого, второго рода?

16.Когда криволинейный интеграл второго рода не зависит от вида кривой интегрирования?
17.Как восстановить функцию по ее частным производным (дифференциалу) с помощью криволинейного интеграла второго рода?
18.Какая связь между криволинейным интегралом второго рода и двойным интегралом?
19.Ориентация контура. Плоская односвязная область. Интеграл по замкнутому контуру. Формула Грина. Вычисление площадей с помощью формулы Грина.
20. Как определяется поверхностный интеграл первого, второго рода?
21. Как вычислить поверхностный интеграл первого, второго рода?
22.Какая область называется поверхностью односвязной? Формула Стокса.
23. Какая связь между криволинейным интегралом второго рода и поверхностным интегралом первого рода?
24. Какая связь между поверхностным интегралом второго рода и тройным интегралом?
25. Каковы приложения криволинейных и поверхностных интегралов в теории поля?
26. Формула Остроградского и ее геометрические приложения.
27. Оператор Гамильтона. Градиент
28.Дивергенция (расходимость) векторного поля. Ротор. Поле роторов.
29. Циркуляция векторного поля. Поток векторного поля.
30. Формулы Грина, Стокса и Остроградского-Гаусса в векторной форме.
31. Соленоидальные векторные поля. Потенциальные векторные поля.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых

Оценка	Критерии оценивания
	ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Фихтенгольц Григорий Михайлович. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 1 : Учебник. - 10-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 680 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1802., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741033&idb=0>.
2. Фихтенгольц Григорий Михайлович. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 2 : Учебник. - 10-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 864 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1803., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741034&idb=0>.
3. Фихтенгольц Григорий Михайлович. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 3 : Учебник. - 10-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 728 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1804., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741035&idb=0>.
4. Кудрявцев Лев Дмитриевич. Сборник задач по математическому анализу. Том 2. Интегралы. Ряды : Учебное пособие. - 2-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2009. - 504 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-0307-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741019&idb=0>.
5. Кудрявцев Лев Дмитриевич. Сборник задач по математическому анализу. Том 3. Функции нескольких переменных : Учебное пособие. - 3-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 472 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1706-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741020&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Украинский П. С. Методы вычисления тройных и поверхностных интегралов. Приложения к задачам геометрии и механики : учебно-методическое пособие для вузов / Украинский П. С., Виноградова Г. А. - Воронеж : ВГУ, 2011. - 25 с. - Книга из коллекции ВГУ - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=885169&idb=0>.

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

<http://www.unn.ru/books/resources.html>

<http://new.e-vmk.unn.ru/sites/>

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Кротов Николай Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент
Сизова Наталья Алексеевна.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.