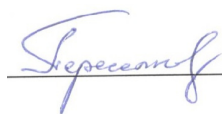


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
математической физики и
информационных технологий



С.А. Переселков

28.06.2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.11.04 Векторный и тензорный анализ

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерные физика и технологии.

2. Профиль подготовки/специализация: Физика атомного ядра и частиц.

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0803 кафедра математической физики и информационных технологий.

6. Составители программы: Чернов Владислав Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол №6 от 27.06.2022г.

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

изучение взаимосвязи криволинейных, поверхностных и кратных интегралов, особенно формул Остроградского-Гаусса и Стокса, необходимо для изучения математической физики, электродинамики, квантовой механики и других физических курсов. Преобразование дифференциальных выражений с помощью набла – исчисления и замена переменных в дифференциальных операторах для криволинейных систем координат с помощью коэффициентов Ламэ являются основными техническими приёмами при работе с уравнениями в частных производных. Методы тензорного исчисления применяются при изучении релятивистских теорий и для анализа сплошных сред.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к дисциплинам базовой части цикла Б1 основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии». Векторный и тензорный анализ относится к числу фундаментальных разделов современной математики. Знание основ теории интегральных уравнений и вариационного исчисления является важной составляющей общей математической культуры выпускника.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1	Владеет знаниями фундаментальных разделов математики.	Знает основные понятия векторного и тензорного анализа, которые используются для построения моделей и конструирования алгоритмов решения практических задач.
		ОПК-1.2	Создает и применяет математические модели в своей практической деятельности.	Умеет применять методы векторного и тензорного анализа для решения практических задач.
		ОПК-1.3	Умеет оценивать границы применимости используемых математических моделей при решении типовых профессиональных задач.	Владеет навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов векторного и тензорного анализа для решения практических задач в сфере профессиональной деятельности.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Аудиторные занятия		50	50
в том числе:	лекции	34	34
	практические	16	16
	лабораторные	0	0
Самостоятельная работа		22	22
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации		0	0
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Скалярные поля.	Скалярные поля: Основные понятия и определения. Полный дифференциал, полная производная. Производная скалярного поля по направлению. Градиент скалярного поля.	
1.2	Векторные поля.	Векторные поля: Основные понятия и определения. Дивергенция векторного поля. Ротор векторного поля.	
1.3	Набла-исчисление.	Операции первого порядка по набла. Операции над скалярными и векторными функциями от радиус-вектора. Оператор Лапласа. Операции второго порядка.	
1.4	Криволинейные и поверхностные интегралы.	Векторный элемент линии и длина дуги. Криволинейные интегралы. Векторный элемент поверхности. Элемент площади поверхности. Поверхностные интегралы.	
1.5	Элементы теории поля.	Формулы Грина. Формула Гаусса-Остроградского. Формула Стокса. Безвихревое и соленоидальное векторное поле.	
1.6	Тензоры.	Системы координат и допустимые преобразования. Индексные обозначения, немой индекс. Ранг тензора. Контравариантный и ковариантный вектор и тензор. Умножение тензора на скаляр. Свертывание смешанного тензора. Произведение тензоров.	

		Симметричные и антисимметричные тензоры. Символы Кронекера, Леви-Чивита.	
2. Практические занятия			
2.1	Скалярные поля.	Вычисление полного дифференциала и полной производной. Вычисление производной скалярного поля по направлению. Вычисление градиента скалярного поля.	
2.2	Векторные поля.	Вычисление дивергенции векторного поля. Вычисление ротора векторного поля.	
2.3	Набла-исчисление.	Набла-исчисление с различными операциями первого порядка. Операции над скалярными и векторными функциями от радиус-вектора. Оператор Лапласа. Операции второго порядка.	
2.4	Криволинейные и поверхностные интегралы.	Вычисление криволинейных интегралов. Элемент площади поверхности в различных координатах. Вычисление поверхностных интегралов.	
2.5	Элементы теории поля.	Применение формулы Грина. Применение формулы Гаусса-Остроградского. Применение формулы Стокса. Безвихревое и соленоидальное векторное поле.	
2.6	Тензоры.	Системы координат и допустимые преобразования. Индексные обозначения, немой индекс. Нахождение ранга тензора, контравариантные и ковариантные координаты. Умножение тензора на скаляр. Свертывание смешанного тензора. Произведение тензоров. Симметричные и антисимметричные тензоры. Работа с символами Кронекера и Леви-Чивита.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Скалярные поля.	5	2		3	10
1.2	Векторные поля.	5	2		3	10
1.3	Набла-исчисление.	6	3		4	13
1.4	Криволинейные и поверхностные интегралы.	6	3		4	13
1.5	Элементы теории поля.	6	3		4	13
1.6	Тензоры.	6	3		4	13
	Итого:	34	16		22	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Будак Б.М., Фомин С.В. Кратные интегралы и ряды. Учебник. — М.: ФИЗМАТЛИТ 2002. - 132 с.
2	Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И., Шикин Е.В., Заляпин В.И., Соболев С.К. Вся высшая математика: Учебник. Т. 4. -- М.: Эдиториал УРСС, 2001. 352 с.
3	Гаврилов В.Р., Иванова Б.Б., Морозова В.Д. Кратные и криволинейные интегралы. Элементы теории поля: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 2-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. -496 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. VII).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Ю.М. Белоусов, В.П. Кузнецов, В.П. Смилга. Практическая математика. Руководство для начинающих изучать теоретическую физику: Учебное пособие / Ю. М. Белоусов, В.П. Кузнецов, В.П. Смилга — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. — 176 с.
2	Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Векторный анализ. Задачи и упражнения с подробными решениями -- М.: Эдиториал УРСС, 2002. 144 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	Gen.lib.rus.ec – Библиотека Генезис

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: [в 2 ч.]. Ч. 2 / Дмитрий Письменный. — 7-е изд. — М.: Айрис-пресс, 2011. — 256 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория.

19. Фонд оценочных средств:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Разделы 1-6	ОПК-1	ОПК-1.1	Контрольные работы
2.	Разделы 1-6		ОПК-1.2	Контрольные работы
3.	Разделы 1-6		ОПК-1.3	Контрольные работы
Промежуточная аттестация форма контроля — зачёт				Перечень вопросов Практическое задание

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету:

1. Скалярные поля: Основные понятия и определения.
2. Полный дифференциал, полная производная.
3. Производная скалярного поля по направлению.
4. Градиент скалярного поля.
5. Векторные поля: Основные понятия и определения.
6. Дивергенция векторного поля.
7. Ротор векторного поля.
8. Операции первого порядка по набла.
9. Операции над скалярными и векторными функциями от радиус-вектора.
10. Оператор Лапласа. Операции второго порядка.
11. Векторный элемент линии и длина дуги.
12. Криволинейные интегралы.
13. Векторный элемент поверхности. Элемент площади поверхности.
14. Поверхностные интегралы.
15. Формулы Грина.
16. Формула Гаусса-Остроградского.
17. Формула Стокса.
18. Безвихревое и соленоидальное векторное поле.
19. Системы координат и допустимые преобразования. Индексные обозначения, немой индекс.
20. Ранг тензора. Контравариантный и ковариантный вектор и тензор.
21. Умножение тензора на скаляр. Свертывание смешанного тензора.
22. Произведение тензоров. Симметричные и антисимметричные тензоры.
23. Символы Кронекера, Леви-Чивита.

Перечень практических заданий:

1. Вычисление полного дифференциала и полной производной.
2. Вычисление производной скалярного поля по направлению.
3. Вычисление градиента скалярного поля.
4. Вычисление дивергенции векторного поля.
5. Вычисление ротора векторного поля.
6. Набла-исчисление с различными операциями первого порядка.
7. Операции над скалярными и векторными функциями от радиус-вектора.
8. Оператор Лапласа. Операции второго порядка.
9. Вычисление криволинейных интегралов.

10. Элемент площади поверхности в различных координатах.
11. Вычисление поверхностных интегралы.
12. Применение формулы Грина.
13. Применение формулы Гаусса-Остроградского.
14. Применение формулы Стокса.
15. Безвихревое и соленоидальное векторное поле.
16. Системы координат и допустимые преобразования. Индексные обозначения, немой индекс.
17. Нахождение ранга тензора, контравариантные и ковариантные координаты.
18. Умножение тензора на скаляр. Свертывание смешанного тензора.
19. Произведение тензоров. Симметричные и антисимметричные тензоры.
20. Работа с символами Кронекера и Леви-Чивита.

Тестовые задания

Контрольно-измерительный материал № 1.

1. Найти производную функции $z = 2x^2 - 3xy + 3y^2 + 5y$ в точке $A(1; 2)$ в направлении, составляющем с осью Ox угол 30° . Определить направление максимального роста данной функции в данной точке.
2. Найти векторные линии поля: $z \mathbf{i} + y \mathbf{j} + x \mathbf{k}$
3. Вычислить $\int_L yz dx + xz dy + xy dz$ по дуге винтовой линии $x = a \cos t$, $y = a \sin t$, $z = b t$ при изменении t от 0 до 2π
4. Найти поток векторного поля $\mathbf{F}(x, y, z) = z \mathbf{i} + y \mathbf{j} + x \mathbf{k}$ через часть поверхности эллипсоида $(x/a)^2 + (y/b)^2 + (z/c)^2 = 1$, лежащую в первом октанте (в направлении внешней нормали).
5. Вычислить дивергенцию и ротор векторного поля $\mathbf{F} \left(\frac{1}{2}(y^2 + z^2), \frac{1}{2}(z^2 + x^2), \frac{1}{2}(x^2 + y^2) \right)$

Контрольно-измерительный материал № 2.

1. Найти направление максимального роста функции $z = 3x^2 + xy - 2y^2$ в точке $A(2; 1)$. Найти также наибольшее из значений производных по разным направлениям в точке A .
2. Найти векторные линии поля: $(x-y) \mathbf{i} + (z-x) \mathbf{j} + (z-y) \mathbf{k}$

3. Вычислить $\int_L (x^2 - 2xy^2 + 3) dx + (y^2 - 2x^2y + 3) dy$, где L-дуга параболы $y=ax^2$, соединяющей точки $O(0,0)$ и $A(2,8)$
4. Найти поток векторного поля $\mathbf{F}(x,y,z) = 2x \mathbf{i} - y \mathbf{j}$ через часть поверхности эллипсоида $x^2 + y^2 + z^2 = 1$, $x > 0$, $y > 0$, $0 < z < H$; в направлении внешней нормали.
5. Вычислить дивергенцию и ротор векторного поля $\mathbf{F} = x^2y \cdot \mathbf{i} + y^2z \cdot \mathbf{j} + z^2x \cdot \mathbf{k}$

Перечень заданий для контрольных работ:

Текущая аттестация № 1

1. Скалярные и векторные поля.
2. Набла-исчисление.

Текущая аттестация № 2

1. Криволинейные и поверхностные интегралы. Элементы теории поля.
2. Тензоры.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации:

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели:

- 1) знание основных понятий векторного и тензорного анализа и их методов, которые используются для построения моделей и конструирования алгоритмов решения практических задач;
- 2) знание постановки классических задач;
- 3) знание методов формулировки и доказательства математических утверждений;
- 4) умение применять методы векторного и тензорного анализа для решения задач профессиональной деятельности;
- 5) умение применять аппарат векторного и тензорного анализа для доказательства утверждений и теорем;
- 6) владение навыками квалифицированного выбора и адаптации существующих методов векторного и тензорного анализа для решения практических задач решения различных задач;
- 7) владение навыками использования методов решения классических задач векторного и тензорного анализа для решения различных естественнонаучных задач.

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено. Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач данной дисциплины.</p>	Повышенный уровень	Отлично
<p>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач данной дисциплины. Допускает ошибки при решении этих задач.</p>	Базовый уровень	Хорошо
<p>Обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач данной дисциплины. Допускает ошибки при решении этих задач.</p>	Пороговый уровень	Удовлетворительно
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</p>	–	Неудовлетворительно

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность 14.03.02 Ядерные физика и технологии

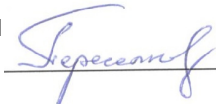
Дисциплина Б1.О.11.04 Векторный и тензорный анализ.

Профиль подготовки Физика атомного ядра и частиц

Форма обучения очная

Учебный год 2023/2024

Ответственный исполнитель

Заведующий кафедрой математической физики и информационных технологий  Переселков С.А. 28.06.2022

Исполнители

Профессор кафедры математической физики и информационных технологий _____ Чернов В.Е. 28.06.2022

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП
по направлению/специальности _____ .___. 2022
подпись *расшифровка подписи*

Начальник отдела обслуживания ЗНБ _____ .___. 2022
подпись *расшифровка подписи*

Программа рекомендована Научно-методическим советом физического факультета, протокол №6 от 27.06.2022г.