

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 21.07.2025 15:50:21
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Е.М. Семенова

«24» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Векторный и тензорный анализ

Закреплена за
кафедрой:

Общей физики

Направление
подготовки:

03.03.02 Физика

Направленность
(профиль):

**Физика, технологии и компьютерное моделирование
функциональных материалов**

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

очная

Семестр:

3

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Зубков Виктор Викторович

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является:

формирование и развитие у обучающихся компетенций в области векторного и тензорного анализа и его приложений к физическим и техническим задачам.

Задачи:

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение основных понятий и идей, лежащих в основе современного тензорного анализа;
- овладение навыками и приемами решения задач в области современной физики, связанных с использованием векторного и тензорного исчисления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Для освоения дисциплины студенту нужно знать следующие предметы:

Математический анализ

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Методы математической физики

Теоретическая механика

Электродинамика

Кристаллография

Физика нелинейных кристаллов

Физика конденсированного состояния вещества

Нанотехнологии в физике конденсированного состояния

Физика магнитных материалов

Физика диэлектриков

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе:	
аудиторные занятия	34
самостоятельная работа	18

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.2: Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.2: Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи

УК-1.5: Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	3

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Элементы векторной алгебры					
1.1	Общее определение вектора. Скалярное произведение. Метрический тензор. Взаимный базис. Ко- и контравариантные компоненты. Регулярные криволинейные координаты. Координатные линии и поверхности. Коэффициенты Ламэ. Ортогональные координаты. Физические компоненты векторов. Пример: скорость в криволинейной системе координат.	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7	
1.2	Символ Леви-Чивиты. Векторное произведение. Смешанное произведение. Двойное векторное произведение. Вычисление объема, построенного на заданных векторах. Пример. Зона Бриллюэна – ячейка Вигнера-Зейтца в обратном пространстве. Поворот и инверсия. Аксиальные и полярные векторы. Пример: напряженность электрического поля и напряженность магнитного поля.	Лек	3	1	Л1.1 Л1.4 Л1.7	

1.3	Общее определение вектора. Скалярное произведение. Метрический тензор. Взаимный базис. Ко- и контравариантные компоненты. Регулярные криволинейные координаты. Координатные линии и поверхности. Коэффициенты Ламэ. Ортогональные координаты. Физические компоненты векторов. Символ Леви-Чивиты. Векторное произведение. Смешанное произведение. Двойное векторное произведение. Вычисление объема, построенного на заданных векторах	Пр	3	3	Л1.3 Л1.4 Л1.6	
1.4	Алгебра векторов. Векторы в криволинейных СК. Метрический тензор. Символ Леви-Чивита	Ср	3	4	Л1.3 Л1.4 Л1.6	
	Раздел 2. Основы векторного анализа					
2.1	Векторные и скалярные поля. Производная по направлению. Линии уровня. Градиент скалярного поля. Оператор Гамильтона. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.	Лек	3	1	Л1.3 Л1.4 Л1.6	
2.2	Ротор векторного поля. Теорема Стокса. Формула Грина. Оператор Лапласа. Первая и вторая формулы Грина. Теорема Гельмгольца. Пример: уравнения Максвелла. Векторный потенциал.	Лек	3	1	Л1.2 Л1.4 Л1.6	
2.3	Дифференциальные операции в криволинейной системе координат. Элемент длины, площади и объема. Градиент. Ковариантная производная. Дивергенция. Символы Кристоффеля первого и второго рода. Оператор Лапласа. Векторное произведение в криволинейной системе координат. Ротор. Пример: ускорение, второй закон Ньютона в криволинейных координатах, уравнение Лагранжа второго рода.	Лек	3	2	Л1.2 Л1.3 Л1.6	

2.4	Векторные и скалярные поля.	Пр	3	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.6	
2.5	Дифференциальные операции в криволинейной системе координат.	Пр	3	3	Л1.3 Л1.4 Л1.6	
2.6	Дифференциальные операции в криволинейной системе координат.	Ср	3	4	Л1.3 Л1.4 Л1.6	
	Раздел 3. Тензорная алгебра					
3.1	Начальные представления о тензорах. Операции над тензорами: сложение, свертка, тензорное умножение, симметрирование, альтернирование. Кососимметричный тензор. Примеры. Инвариантные тензоры. Изотропные тензоры. Девиатор, шаровой тензор. Собственные значения и векторы тензора. Тензор деформации. Закон Гука. Инварианты Тензора. Тензорная поверхность. Тензор ЭМ поля. Понятие относительного тензора.	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7	
3.2	Геометрический взгляд на тензоры. Множества и топология. Карты и атлас. Гладкая структура. Дифференцируемое многообразие. Скалярная функция на многообразии. Векторное поле на многообразии. Сопряженное пространство. 1-форма. Определение тензора. Дифференциальные формы и поливекторы. Дифференциальная форма максимальной степени. Относительный тензор. Оператор Ходжа (Ходжевская дуальность).	Лек	3	3	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7	
3.3	Тензоры и операции над ними	Пр	3	4		
3.4	Геометрический взгляд на тензоры.	Ср	3	12	Л1.1 Л1.2 Л1.5	
	Раздел 4. Тензорный анализ					

4.1	Начальные представления. Дифференцирование тензоров. Дифференциал тензора, градиент тензора. Дивергенция тензора. Теорема Риччи. Примеры. Двукратное дифференцирование тензоров. Интегрирование тензоров. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса.	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.5 Л1.6	
4.2	Современный взгляд. Внешняя производная дифференциальной формы, свойства внешней производной. Замкнутые и точные дифференциальные формы. Лемма Пуанкаре. Форма объема. Дифференциальные операторы векторного анализа (дивергенция, лапласиан, ротор) на языке внешнего дифференцирования. Основные тождества векторного анализа как следствия свойств внешнего дифференциала. Пример. Уравнения электродинамики на языке дифференциальных форм. Интеграл от дифференциальной формы. Общая интегральная формула Стокса. Теорема Гаусса о дивергенции. Формулы Грина, Остроградского-Гаусса и Стокса как частные случаи общей формулы Стокса.	Лек	3	3	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5	
4.3	Дифференцирование и интегрирование тензоров	Пр	3	5	Л1.1 Л1.2 Л1.5	
4.4	Дифференциальные формы и действия над ними.	Ср	3	14	Л1.2	

Список образовательных технологий

1	Активное слушание
---	-------------------

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Смотри приложение

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

8.3. Требования к рейтинг-контролю

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Мусин, Тензорный анализ. Вводный курс с приложениями к анализу и геометрии, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-06198-7, URL: https://urait.ru/bcode/539670
Л1.2	Кумпьяк, Векторный и тензорный анализ, Тверь: Тверской государственный университет, 2007, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/01616ucheb.pdf
Л1.3	Волкова В. И., Закинян Р. Г., Векторный и тензорный анализ : курс лекций, Ставрополь: СКФУ, 2022, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/386552
Л1.4	Григорьев А. И., Ширяева С. О., Кузьмичев Ю. Б., Векторный анализ и тензорная алгебра, Ярославль, 2015, ISBN: 978-5-00089-078-3, URL: https://e.lanbook.com/book/363251
Л1.5	Горлач Б. А., Тензорная алгебра и тензорный анализ, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-1834-3, URL: https://e.lanbook.com/book/211781
Л1.6	Логинов А. С., Мирошин Н. В., Селиванова С. Г., Избранные разделы курса "Векторный анализ" (теория и примеры), Москва: НИЯУ МИФИ, 2009, ISBN: 978-5-7262-1118-3, URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75846
Л1.7	Мак-Коннел А. Д., Коренев Г. В., Введение в тензорный анализ, Москва: Гос. изд-во физико-математической лит., 1963, ISBN: , URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=116257

9.3.1 Перечень программного обеспечения

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «Лань»
2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
3	ЭБС «ЮРАИТ»
4	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-2026	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, переносной мультимедийный проектор, экран

3-218	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран
3-226	комплект учебной мебели, Микшерный пульт, Аудиокомплект, Интерактивная система, проектор, Телекоммуникационные шкафы, экран, компьютер
3-227	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран
3-228	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Смотри приложение