АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
Б1.О.14.05 Векторный и тензорный анализ
Направление подготовки: **03.03.02 Физика**
Направленность (профиль): **Фундаментальная физика**
Форма обучения: **очная**
Квалификация: **бакалавр**

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» является формирование у студентов целостных представлений и устойчивых навыков работы с математическими объектами векторного и тензорного характера, составляющими фундамент инвариантного математического аппарата современной физики, широко используемого в теоретической механике, электродинамике, теории упругости, механике сплошных сред, специальной и общей теории относительности, теории волн, квантовой теории поля, гидродинамике, астрофизике и космологии. Базовый характер векторно-тензорного аппарата обусловлен естественной классификацией физических величин по их трансформационным свойствам при преобразованиях систем координат — скаляры, векторы и тензоры различных рангов, — которая осуществляется в рамках данного аппарата строго формально, независимо от конкретного физического содержания величин, что обеспечивает его универсальность и инвариантность.

Задачами дисциплины являются: изучение основных понятий векторного и тензорного анализа, включая определения скалярных и векторных полей, тензоров различных рангов, метрического тензора, символов Кристоффеля, ковариантной производной и тензора кривизны; овладение практическими навыками работы с математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, включая выполнение операций сложения, умножения, свёртки, дифференцирования и интегрирования тензорных полей; формирование умения применять тензорный формализм для решения конкретных физических задач в механике, электродинамике, теории упругости и других разделах физики; освоение инвариантных методов описания физических законов, независимых от выбора системы координат; развитие навыков преобразования тензорных объектов при переходе от декартовых к криволинейным системам координат; приобретение опыта работы с тензорными уравнениями физических полей; формирование математической культуры и абстрактного мышления, необходимых для успешного освоения последующих профильных дисциплин теоретической и математической физики.

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» входит в базовую часть цикла общепрофессиональных дисциплин (ОПК) учебного плана по направлению подготовки бакалавриата 03.03.02 Физика и является фундаментальной математической дисциплиной, закладывающей аппаратную основу для освоения всего последующего физического образования. Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть обязательным минимумом содержания основных образовательных программ по математике, включая аналитическую геометрию (уравнения прямых, плоскостей, кривых и поверхностей второго порядка), линейную алгебру (векторные пространства, матрицы, системы линейных уравнений, определители, собственные значения и собственные векторы), математический анализ (дифференцирование и интегрирование функций одной и нескольких переменных, ряды, дифференциальные уравнения), а также обладать базовыми навыками работы с геометрическими и физическими объектами в трёхмерном пространстве. Освоение данной дисциплины является необходимым условием для успешного изучения таких дисциплин, как теоретическая механика, электродинамика, квантовая механика, механика сплошных сред, общая теория относительности и других профильных физических дисциплин, использующих тензорный формализм в качестве основного языка описания физических законов.

Перечень планируемых результатов обучения

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3).

ОПК-1. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов физики в профессиональной деятельности (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3).

ПК-1. Способность использовать специализированные знания в области физики для решения научно-исследовательских и прикладных задач (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3).

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать:** основы векторного и тензорного анализа, включая определения скаляра, вектора и тензора; дифференциальные операции первого порядка (градиент, дивергенция, ротор) и второго порядка (оператор Лапласа); основные тензорные тождества и формулы векторного ана-

лиза; свойства симметричных и антисимметричных тензоров; элементы тензорного анализа в криволинейных координатах; понятие ковариантной производной и символов Кристоффеля; структуру и свойства метрического тензора; основные приложения тензоров в механике и физике сплошных сред;

- **уметь:** использовать математический аппарат векторного и тензорного анализа для решения физических задач; выполнять преобразования векторных и тензорных полей при переходе от декартовых к криволинейным системам координат; вычислять градиент, дивергенцию, ротор и лапласиан в ортогональных криволинейных координатах; применять тензорный формализм для записи физических законов в инвариантной форме; решать прикладные задачи на нахождение собственных значений и собственных векторов тензоров; применять тензор деформации и напряжений для описания механического состояния твёрдых тел и сплошных сред;
- **владеть:** практическими навыками использования векторного и тензорного анализа для решения физических задач; навыками работы с компонентами тензоров в различных системах координат; навыками вычисления ковариантных производных и символов Кристоффеля; навыками применения тензорного аппарата к уравнениям Максвелла, уравнениям механики сплошных сред и основным уравнениям теоретической физики; навыками самостоятельного анализа и интерпретации полученных математических результатов с физической точки зрения.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4 зачётные единицы (144 часа)**.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (3-й)
Контактная работа (всего)	72,2	72,2
Аудиторные занятия (всего)	64	64
Лекции	34	34
Практические занятия	30	30
Самостоятельная работа	71,8	71,8
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Общая трудоёмкость	**144**	**144**

---

5. Содержание дисциплины

Раздел 1. Векторный анализ в декартовых координатах. Линейное пространство, базис, размерность. Скалярное, векторное и смешанное произведения. Преобразование ортонормированного базиса. Аналитическая геометрия в пространстве. Скалярные и векторные поля. Градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа в декартовых координатах. Теоремы Гаусса — Остроградского и Стокса.

Раздел 2. Полилинейные формы и тензоры. Линейные, билинейные и полилинейные формы. Общее определение тензора как полилинейного функционала. Алгебраические операции над тензорами: сложение, умножение, тензорное произведение, свёртка. Симметричные и антисимметричные тензоры. Альтернирование.

Раздел 3. Тензоры первой и второй валентности. Линейные преобразования и их матрицы. Связь линейных преобразований с билинейными формами. Группы линейных преобразований GL(n), O(n), SO(n). Собственные векторы и собственные значения. Приведение симметричной матрицы к диагональному виду. Теорема о главных осях.

Раздел 4. Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики. Тензор инерции твёрдого тела. Тензор деформации и тензор напряжений кристаллов. Тензор напряжений Коши. Физический смысл компонент. Примеры из механики сплошных сред и кристаллофизики. Обобщённый закон Гука.

Раздел 5. Основы тензорного анализа. Тензорные поля. Ковариантная производная, связность, символы Кристоффеля. Тензор кривизны Римана, тензор Риччи, скалярная кривизна. Дивергенция и ротор в криволинейных координатах. Примеры уравнений физики в тензорной форме (Максвелл, Эйнштейн — обзорно).

6. Формы промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме **экзамена** в 3-м семестре. Экзамен проводится устно по билетам, состоящим из двух теоретических вопросов из разных разделов дисциплины и одной практической задачи.

---

7. Основная литература

1. Акивис М.А., Гольдберг В.В. Тензорное исчисление. — М.: Наука, 2018. — 350 с.
2. Гордиенко А.Б., Золотарев М.Л., Кравченко Н.Г. Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие. — Кемерово: Кемеровский госу-

дарственный университет, 2009. — 133 с. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488.
3. Речкалов В.Г. Векторная и тензорная алгебра для будущих физиков и техников: учебное пособие для вузов. — Челябинск: ИИУМЦ «Образование», 2008. — 140 с.

Составил К.А. Лебедев, профессор кафедра теоретической физики и компьютерных технологий, д.ф.-м.н., профепссор