МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Физико-технический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.14.05 Векторный и тензорный анализ

Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Направленность (профиль)	Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств
Форма обучения	очная
Квалификация	бакалавр

Краснодар 2026

Рабочая программа дисциплины Б1.О.14.05 Векторный и тензорный анализ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки/ специальности 03.03.03 Радиофизика

Программу составил:
К.А. Лебедев проф. кафедры теоретической физики
и компьютерных технологий, д.ф.–м.н., проф.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий
протокол № 10 от «21» апреля 2026 г.
Заведующий кафедрой теоретической физики
и компьютерных технологий В.В. Галуцкий

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол №11 от «28» апреля 2026 г.
Председатель УМК факультета Н.М. Богатов

Рецензенты:

М.С.,Коваленко кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и информационных систем

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон» кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Векторный и тензорный анализ» ставит своей целью 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.

1.2 Задачи дисциплины

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.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Векторный и тензорный анализ» входит в базовую часть цикла общепрофессиональных дисциплин (ОПК) учебного плана по направлению подготовки бакалавриата 03.03.03 Радиофизика 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 трехмерном 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; при этом знание векторного и тензорного анализа формирует у студентов универсальную математическую культуру, позволяющую корректно формулировать физические задачи и выбирать адекватные методы их решения независимо от конкретной предметной области.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотне- сенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
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. Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выделяя её составные части и связи между ними	**Знает:** основные принципы системного анализа, структуру математических и физических теорий, логику построения инвариантных методов описания физических явлений.
ИУК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	**Умеет:** выявлять недостающие математические и физические данные в постановке задачи, самостоятельно находить необходимую информацию в учебной и научной литературе, формулировать корректные вопросы для решения проблемной ситуации.
ИУК-1.3. Критически оценивает надёжность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	**Владеет:** навыками критического анализа учебной и научной литературы по векторному и тензорному анализу, навыками сопоставления различных подходов и выбора адекватного математического аппарата для решения конкретной задачи.
ОПК-1. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов физики в профессиональной деятельности	
ИОПК-1.1. Применяет фундаментальные знания по физике и математике для постановки и решения профессиональных задач	**Знает:** основы векторного и тензорного анализа, включая определения скаляра, вектора и тензора; дифференциальные операции первого порядка (градиент, дивергенция, ротор); дифференциальные операции второго порядка (оператор Лапласа) для скалярного и векторного полей; основные тензорные тождества и формулы векторного анализа; 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.
ИОПК-1.2. Использует математический аппарат для описания физических явлений и закономерностей	**Умеет:** использовать математический аппарат векторного и тензорного анализа для освоения теоретических основ и практического использования в современной физике; 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.
ИОПК-1.3. Демонстрирует навыки работы с современным физическим и математическим аппаратом	**Владеет:** 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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
	интерпретации полученных математических результатов с физической точки зрения.
ПК-1. Способность использовать специализированные знания в области физики для решения научно-исследовательских и прикладных задач	
ИПК-1.1. Применяет математические методы и модели для решения задач в области физики и смежных наук	**Знает:** специализированные разделы тензорного анализа, применяемые в теоретической механике, электродинамике, теории упругости, гидродинамике и общей теории относительности; методы тензорной алгебры для работы с группами линейных преобразований; основы теории кривизны пространства; способы представления физических полей через тензорные объекты.
ИПК-1.2. Проводит математическое моделирование физических процессов с использованием тензорного аппарата	**Умеет:** строить математические модели физических процессов с использованием тензорных объектов; записывать уравнения движения и поля в тензорной форме; проводить вычисления и аналитические преобразования тензорных выражений; переходить от трёхмерного векторного описания к четырёхмерному тензорному описанию в специальной и общей теории относительности; интерпретировать результаты тензорных расчётов с физической точки зрения.
ИПК-1.3. Анализирует и интерпретирует результаты математических расчётов в контексте физической задачи	**Владеет:** навыками решения прикладных задач механики и физики с использованием тензорного формализма; навыками анализа и интерпретации полученных тензорных выражений с точки зрения их физического смысла; навыками использования современных вычислительных средств для тензорных расчётов; опытом самостоятельного применения тензорного аппарата к конкретным физическим задачам.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утверждённым учебным планом. Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ	Всего часов	Форма обучения
		очная
		3 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:	**72,2**	**72,2**
Аудиторные занятия (всего):	**64**	**64**
занятия лекционного типа	34	34
лабораторные занятия	—	—
практические занятия	34	34
семинарские занятия	—	—
Иная контактная работа:	**8,2**	**8,2**
Контроль самостоятельной работы (КСР)	8	8
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:	**71,8**	**71,8**
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	—	—
Контрольная работа	—	—
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	—	—
Реферат/эссе (подготовка)	11,8	11,8
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение	40	40

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)			
Подготовка к текущему контролю		20	20
Контроль:			
Подготовка к экзамену		30	30
Общая трудоёмкость	**час.**	**144**	**144**
	в том числе контактная работа	**72,2**	**72,2**
	зач. ед.	2	**4**

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре 3 курса *(очная форма)*

№	Наименование разделов (тем)	Всего	Количество часов			
			Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛЗ	СРС
1	Векторный анализ в декартовых координатах	28	8	8	—	12
2	Полилинейные формы и тензоры	30	8	6	—	16
3	Тензоры первой и второй валентности	30	8	6	—	16
4	Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики	28	6	6	—	16
5	Основы тензорного анализа	28	4	4	—	20
	Итого по разделам дисциплине:	144	34	30	—	80
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					20
	Промежуточная аттестация (ИКР)					
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	**164**	**34**	**30**		100

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Векторный анализ в декартовых координатах	Линейное пространство: аксиоматика, базис, размерность. Скалярное, векторное, смешанное произведения. Преобразование ортонормированного базиса. Основная задача тензорного исчисления. Аналитическая геометрия в пространстве (плоскости, прямые, поверхности). Скалярные и векторные поля: градиент, дивергенция, ротор, оператор	Контрольные вопросы, проверка конспектов

№	Наименование раздела	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
		Лапласа в декартовых координатах.	
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.	Контрольные вопросы, промежуточный тест
3	Тензоры первой и второй валентности	Линейные преобразования, их матрицы. Связь линейных преобразований с билинейными формами. Обратные преобразования. Группы линейных преобразований GL(n), O(n), SO(n). Собственные векторы и собственные значения. Приведение симметричной матрицы к диагональному виду.	Контрольные вопросы, расчётное задание (аудиторно)
4	Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики	Тензор инерции твёрдого тела. Тензор деформации и напряжений кристаллов. Тензор напряжений Коши. Физический смысл компонент. Примеры из механики сплошных сред и кристаллофизики.	Контрольные вопросы, защита мини-проекта
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).	Коллоквиум, итоговое тестирование

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические)

№	Наименование раздела	Тематика занятий	Форма текущего контроля
1	Векторный анализ в декартовых координатах	Вычисление скалярных, векторных и смешанных произведений. Задачи на преобразование базиса и замену координат. Построение плоскостей и прямых по уравнениям. Вычисление градиента, дивергенции, ротора и лапласиана для заданных полей. Решение задач на нахождение потенциальных и соленоидальных полей.	Проверка решений у доски, выборочная проверка тетрадей
2	Полилинейные формы и тензоры	Запись линейных и билинейных форм в матричном виде. Вычисление компонент тензора при замене базиса. Упражнения на тензорное умножение и свёртку. Определение симметричной и антисимметричной частей тензора. Решение задач на альтернирование.	Домашние расчётные работы, устный опрос
3	Тензоры первой и второй валентности	Нахождение матрицы линейного преобразования в заданном базисе. Вычисление обратного преобразования. Решение задач на собственные значения и собственные векторы. Приведение матрицы симметричного преобразования к диагональному виду (практическое ортогональное преобразование).	Индивидуальные задания, проверка расчётов
4	Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики	Расчёт тензора инерции для простых тел (стержень, диск, параллелепипед). Нахождение главных моментов инерции и главных осей. Решение задач на тензор деформации по заданному полю перемещений. Определение компонент тензора напряжений в простых задачах (растяжение, сдвиг).	Защита расчётных задач, контрольная работа
5	Основы тензорного анализа	Вычисление символов Кристоффеля для цилиндрических и сферических координат. Нахождение компонент тензора кривизны в простых случаях. Преобразование уравнений	Коллоквиум, письменная расчётная работа

№	Наименование раздела	Тематика занятий	Форма текущего контроля
		Максвелла в криволинейные координаты. Практические упражнения по переходу между координатными системами.	

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применятся электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Векторный и тензорный анализ», утверждённые кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от 08 апреля 2025 г.
2	Подготовка к практическим занятиям (решение задач)	Методические рекомендации по решению задач по векторному и тензорному анализу, утверждённые кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от 08 апреля 2025 г.
3	Написание реферата и подготовка презентации	Методические рекомендации по написанию рефератов и подготовке презентаций по дисциплине «Векторный и тензорный анализ», утверждённые кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от 08 апреля 2025 г.
4	Подготовка к текущему контролю (контрольные вопросы, тесты, коллоквиумы)	Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля по дисциплине «Векторный и тензорный анализ», утверждённый кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от 08 апреля 2025 г.
5	Подготовка к экзамену	Перечень вопросов и типовых задач для подготовки к экзамену по дисциплине «Векторный и тензорный анализ», утверждённый кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от 08 апреля 2025 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

– в форме аудиофайла,

– в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

– в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции (в том числе с применением мультимедийных средств визуализации), практические занятия (решение задач и разбор конкретных примеров), проблемное обучение (постановка и решение физических задач с использованием тензорного формализма), модульная технология построения курса, подготовка письменных аналитических работ (рефераты, расчётные задания, аналитические обзоры), а также самостоятельная работа студентов с учебной и научной литературой, электронными ресурсами и фондом оценочных средств.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется через использование интерактивных технологий и активных методов обучения: проектных методик (подготовка и защита рефератов с презентациями), мозгового штурма при коллективном разборе сложных задач, разбора конкретных физических ситуаций и прикладных задач, анализа и сравнения различных подходов к решению, а также иных форм активного взаимодействия, направленных на развитие аналитического и критического мышления, в сочетании с внеаудиторной работой и систематическими консультациями.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины, включают использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет: электронно-библиотечных систем (eLIBRARY.RU, «Лань», «Университетская библиотека онлайн»), образовательных и научных порталов, а также электронной информационно-образовательной среды университета для доступа к учебным материалам, тестовым заданиям и дополнительным источникам.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины, предусматривают организацию образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья: для данной категории обучающихся предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты и дистанционных форм взаимодействия, предоставление учебных материалов в электронном виде, адаптированных к индивидуальным особенностям восприятия (увеличенный шрифт, аудиоформат), а также при необходимости дополнительное время при выполнении контрольных мероприятий и сдаче экзамена; такие меры обеспечивают равный доступ к образованию и полноценное освоение дисциплины всеми категориями обучающихся.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Векторный и тензорный анализ».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме тестовых заданий по отдельным разделам дисциплины, устных опросов на практических занятиях, проверки и защиты домашних расчётных заданий, доклада-презентации по темам рефератов, разноуровневых задач (от репродуктивного уровня до творческого), ситуационных задач, моделирующих прикладные физические проблемы, а также коллоквиумов по наиболее сложным разделам курса, и промежуточной аттестации в форме устного экзамена по билетам, включающим два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины и одну практическую задачу.

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выделяя её составные части и связи между ними	Знает: основные принципы системного анализа, структуру математических и физических теорий	Контрольная работа № 1 по теме «Векторный анализ в декартовых координатах»	Вопрос на экзамене № 1–3
2	ИУК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	Умеет: выявлять недостающие математические и физические данные в постановке задачи, самостоятельно находить необходимую информацию	Вопросы для устного опроса по теме «Полилинейные формы и тензоры»	Вопрос на экзамене № 4–7
3	ИУК-1.3. Критически оценивает надёжность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников	Владеет: навыками критического анализа учебной и научной литературы по векторному и тензорному анализу	Тест по теме «Векторный анализ в декартовых координатах»; круглый стол по теме «История развития тензорного исчисления»; кейс-задача по теме «Тензор инерции»	Вопрос на экзамене № 8–11
4	ИОПК-1.1. Применяет фундаментальные знания по физике и математике для постановки и решения профессиональных задач	Знает: основы векторного и тензорного анализа, дифференциальные операции, свойства тензоров	Курсовой проект не предусмотрен	Вопрос на экзамене № 12–15
5	ИОПК-1.2. Использует математический аппарат для описания физических явлений и закономерностей	Умеет: использовать математический аппарат для решения физических задач, выполнять преобразования тензорных полей	Устный опрос по теме «Тензоры первой и второй валентности»; реферат по теме «Приложения тензоров в механике и физике»	Вопрос на экзамене № 28–30
6	ИОПК-1.3. Демонстрирует навыки работы с современным физическим и математическим аппаратом	Владеет: практическими навыками использования векторного и тензорного анализа для решения физических задач	Реферат, доклад, сообщение, эссе по теме «Основы тензорного анализа»	
7	ИПК-1.1. Применяет математические методы и модели для решения задач в области физики и смежных наук	Знает: специализированные разделы тензорного анализа, применяемые в теоретической физике	Практическая работы	

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Формы промежуточного контроля— экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» проводится в форме **устного экзамена** в 3 семестре.

Экзамен проводится по **экзаменационным билетам**, каждый из которых включает:

- **два теоретических вопроса** из разных разделов дисциплины;
- **одну практическую задачу** (по материалу практических занятий).

Время подготовки ответа — **30–40 минут**. Ответ на каждый вопрос оценивается отдельно, затем выводится итоговая оценка.

Экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

Раздел 1. Векторный анализ в декартовых координатах

1. Линейное пространство: аксиоматика, базис, размерность.
2. Скалярное, векторное и смешанное произведения векторов: определения, свойства, геометрический смысл.
3. Преобразование ортонормированного базиса при поворотах и отражениях.
4. Основная задача тензорного исчисления: инвариантность законов физики при замене координат.
5. Аналитическая геометрия в пространстве: плоскости, прямые, поверхности второго порядка.
6. Скалярное поле. Поверхности уровня.
7. Производная по направлению. Градиент скалярного поля в декартовых координатах и связь между ними.
8. Векторное поле. Потенциальное векторное поле.
9. Поток векторного поля. Теорема Гаусса — Остроградского.
10. Дивергенция векторного поля в декартовых координатах, её инвариантное определение и физический смысл. Соленоидальное векторное поле.
11. Циркуляция векторного поля. Теорема Стокса.
12. Ротор векторного поля в декартовых координатах, его инвариантное определение и физический смысл.
13. Дифференциально-векторный оператор Гамильтона (оператор «набла»).
14. Признаки потенциальности и соленоидальности векторных полей.
15. Произвольное векторное поле как суперпозиция потенциального и соленоидального полей.
16. Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа.
17. Первая и вторая формулы Грина.

Раздел 2. Полилинейные формы и тензоры

18. Линейные формы (ковекторы): определение, представление в базисе.
19. Билинейные формы: матричное представление, связь с квадратичными формами.
20. Полилинейные формы: общее определение, тензорный тип (p,q).
21. Общее определение тензора как полилинейного функционала.
22. Алгебраические операции над тензорами: сложение, умножение на число, тензорное умножение.
23. Свёртка (контракция) тензоров.
24. Подъём и опускание индексов.
25. Симметричные и антисимметричные тензоры: свойства.
26. Альтернирование. Связь с внешними формами.

Раздел 3. Тензоры первой и второй валентности

27. Линейные преобразования векторного пространства: определение, примеры.
28. Матрица линейного преобразования. Связь с компонентами тензора типа (1,1).
29. Связь линейных преобразований с билинейными формами через метрический тензор.
30. Обратное линейное преобразование: условия существования, вычисление.

31. Группы линейных преобразований: GL(n), O(n), SO(n), их тензорное представление.
32. Собственные векторы и собственные значения. Характеристическое уравнение.
33. Спектр линейного преобразования.
34. Приведение симметричной матрицы к диагональному виду. Теорема о главных осях.
35. Ортогональная диагонализация симметричного линейного преобразования.

Раздел 4. Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики

36. Тензор инерции твёрдого тела: определение, компоненты.
37. Момент инерции относительно произвольной оси. Главные оси инерции.
38. Тензор деформации: определение, физический смысл, компоненты.
39. Тензор напряжений кристаллов.
40. Тензор напряжений Коши: определение, свойства, симметрия.
41. Обобщённый закон Гука: связь тензора деформации и тензора напряжений.
42. Уравнения равновесия в механике сплошных сред.
43. Примеры использования тензоров в кристаллофизике, гидродинамике и теории упругости.

Раздел 5. Основы тензорного анализа

44. Тензорное поле: определение, гладкость, локальные координаты.
45. Ковариантная производная: определение, связь с частной производной.
46. Связность. Символы Кристоффеля: определение, свойства, вычисление.
47. Связь ковариантной производной с метрическим тензором.
48. Тензор кривизны Римана: определение, симметрии, геометрический и физический смысл.
49. Тензор Риччи и скалярная кривизна.
50. Дивергенция и ротор в криволинейных координатах через тензорный формализм.
51. Основные уравнения физики в тензорной форме: уравнения Максвелла (обзорно).
52. Уравнения Эйнштейна общей теории относительности (обзорно).
53. Переход от декартовых к криволинейным координатам: цилиндрические, сферические координаты.

Темы рефератов

Раздел 1. Векторный анализ в декартовых координатах

1. Скалярные и векторные поля: определения, примеры, классификация.
2. Теорема Гаусса — Остроградского: вывод, физический смысл, приложения.
3. Теорема Стокса: вывод, физический смысл, приложения.

Раздел 2. Полилинейные формы и тензоры

4. История развития тензорного исчисления: от Гаусса до Римана.
5. Симметричные и антисимметричные тензоры: свойства, примеры, применение.
6. Метрический тензор и его роль в подъёме и опускании индексов.

Раздел 3. Тензоры первой и второй валентности

7. Собственные векторы и собственные значения: физический смысл и методы нахождения.
8. Приведение симметричной матрицы к диагональному виду. Теорема о главных осях.
9. Тензор Леви-Чивиты: свойства и применение в векторной алгебре.

Раздел 4. Приложения тензоров и векторов к задачам механики и физики

10. Тензор инерции твёрдого тела: расчёт и применение.
11. Тензор деформации и тензор напряжений в механике сплошных сред.
12. Обобщённый закон Гука в тензорной форме.

Раздел 5. Основы тензорного анализа

13. Криволинейные системы координат: основные понятия и классификация.
14. Ковариантная производная и символы Кристоффеля.
15. Уравнения Максвелла в тензорной форме.

Типовые задачи для экзамена

1. Вычислить градиент, дивергенцию и ротор для заданного векторного поля.
2. Найти собственные значения и собственные векторы матрицы линейного преобразования.
3. Привести симметричную матрицу к диагональному виду ортогональным преобразованием.
4. Вычислить тензор инерции для стержня, диска или параллелепипеда.
5. Найти символы Кристоффеля для цилиндрической или сферической системы координат.
6. Вычислить ковариантную производную для заданного тензорного поля.
7. Записать уравнения Максвелла в тензорной форме.

4.2.4. Критерии оценивания на экзамене

Оценка «отлично» ставится студенту, который:
глубоко и полно знает теоретический материал;
свободно владеет терминологией и понятийным аппаратом;
правильно решает практическую задачу с полным обоснованием каждого шага;
логично и последовательно излагает ответ;
демонстрирует понимание физического смысла математических операций.

Оценка «хорошо» ставится студенту, который:

знает теоретический материал в полном объёме;
допускает незначительные неточности в формулировках;
решает практическую задачу с небольшими помарками, самостоятельно их исправляет;
излагает материал грамотно, но с незначительными нарушениями последовательности.

Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, который:

в основном знает теоретический материал в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы;
усвоил основную литературу;
приводит нечёткие формулировки физических понятий и законов;
решает практическую задачу с помощью наводящих вопросов преподавателя;
допускает существенные погрешности, но демонстрирует понимание основных принципов.

Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, который:

не знает теоретический материал;
не владеет терминологией и понятийным аппаратом;
не может решить практическую задачу даже с помощью преподавателя;
допускает грубые ошибки в ответах на вопросы;
демонстрирует полное отсутствие понимания дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1. Учебная литература

1. Акивис М.А. Гольдберг В.В. Тензорное исчисление. М.: Наука. 2018. 350 с.

2. Клетеник Д.В. Сборник задач по аналитической геометрии. СПб. Профессия. 2020. 170с.
3. Гордиенко А.Б. Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009. — 133 с. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488.
4. Речкалов В.Г. Векторная и тензорная алгебра для будущих физиков и техников: учёб. пособие для вузов. Челябинск: ИИУМЦ "Образование", 2008. – 140 с.
5. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии / П.С. Александров. — Москва: Наука, 1918. — 912 с.
6. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н.Е. Кочин. — Москва: Наука, 1965. — 428 с.
7. Мак-Коннел А.Дж. Введение в тензорный анализ с приложениями к геометрии, механике и физике / А.Дж. Мак-Коннел. — Москва: Физматлит, 1963. — 412 с.
8. Победря Б.Е. Лекции по тензорному анализу / Б.Е. Победря. — Москва: МГУ, 1986. — 264 с.
9. Схоутен Я.А. Тензорный анализ для физиков / Я.А. Схоутен. — Москва: Наука, 1965. — 456 с.

5.2. Периодические литература

1	Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия	МГУ
2	Журнал прикладной механики и технической физики	СО РАН
3	Журнал технической физики	РАН
4	Известия вузов. Серия: Физика	ТГУ
5	Инженерная физика	МАИ
6	Успехи физических наук	РАН
7	Физика. Реферативный журнал	ВИНИТИ
8	Теоретическая и математическая физика	РАН
9	Доклады Российской академии наук (серия физика)	РАН

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» https://urait.ru/
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» https://e.lanbook.com

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) http://webofscience.com/
2. Scopus http://www.scopus.com/
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley https://onlinelibrary.wiley.com/
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН http://archive.neicon.ru
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) https://rusneb.ru/
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина https://www.prlib.ru/
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда

https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action
10. Springer Journals https://link.springer.com/
11. Nature Journals https://www.nature.com/siteindex/index.html
12. Springer Nature Protocols and Methods https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols
13. Springer Materials http://materials.springer.com/
14. zbMath https://zbmath.org/
15. Nano Database https://nano.nature.com/
16. Springer eBooks: https://link.springer.com/
17. "Лекториум ТВ" http://www.lektorium.tv/
18. Университетская информационная система РОССИЯ http://uisrussia.msu.ru

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных http://www.uspto.gov/patft/
2. Полные тексты канадских диссертаций http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/
3. КиберЛенинка (http://cyberleninka.ru/);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации https://www.minobrnauki.gov.ru/;
5. Федеральный портал "Российское образование" http://www.edu.ru/;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru/;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов http://school-collection.edu.ru/
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (http://fcior.edu.ru/);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" https://pushkininstitute.ru/;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" http://gramota.ru/;
11. Служба тематических толковых словарей http://www.glossary.ru/;
12. Словари и энциклопедии http://dic.academic.ru/;
13. Образовательный портал "Учеба" http://www.ucheba.com/;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения http://moodle.kubsu.ru
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций http://mschool.kubsu.ru/
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий http://mschool.kubsu.ru;
4. Электронный архив документов КубГУ http://docspace.kubsu.ru/
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" http://icdau.kubsu.ru/

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов отводится 80 часов, что составляет 55,6% от общей трудоёмкости дисциплины; рекомендуемые виды самостоятельной работы включают: проработку теоретического материала по конспектам лекций (40 часов), подготовку к практическим занятиям с решением домашних задач (20 часов), написание реферата и подготовку презентации (12 часов) и подготовку к экзамену (8 часов); лекционный материал следует изучать систематически, ведя подробный конспект с выделением основных определений, теорем и формул; практические занятия требуют предварительной подготовки, необходимо прорешивать задачи, предложенные на предыдущем занятии, и разбирать примеры из учебников; самостоятельная работа предполагает работу с основной и дополнительной литературой, включая электронные ресурсы; текущий контроль включает проверку домашних заданий, ответы на контрольные вопросы и защиту реферата; итоговый контроль — экзамен, состоящий из двух теоретических вопросов и одной практической задачи; при работе с литературой рекомендуется использовать основную литературу как фундаментальную базу курса, начиная изучение каждого раздела с этих источников, дополнительную литературу для углубления понимания материала и возможности взглянуть на проблему с разных точек зрения, периодические издания для получения представления о современных научных исследованиях в области векторного и тензорного анализа, а также интернет-ресурсы, расширяющие доступ к литературе и позволяющие оперативно находить необходимую информацию.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащённые необходимым специализированным и лабораторным оборудованием. При заполнении таблицы учитываются все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия), а также консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 211 С)	Мебель: учебная мебель (столы, стулья, доска магнитно-маркерная). Технические средства обучения: переносной проектор, экран, компьютер.	Не требуется
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 144 С)	Мебель: учебная мебель (столы, стулья, доски магнитно-маркерные — 2 шт.). Технические средства обучения: компьютер, проектор, экран.	Не требуется
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория _____	Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены	—
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовое проектирование по дисциплине не предусмотрено	—

Помещения для самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащённые компьютерной техникой с

возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащённость помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель; комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi).	Windows 7/10/11; Microsoft Office / LibreOffice; MathCad; Adobe Acrobat Reader
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 144 С)	Мебель: учебная мебель; комплект специализированной мебели: компьютерные столы. Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi).	Windows 7/10/11; Microsoft Office / LibreOffice; MathCad; Adobe Acrobat Reader; браузер для выхода в Интерн