



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Голик С.С.

«УТВЕРЖДАЮ»



Заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики  
Короченцев В.В.  
(подпись)

Короченцев В.В.

«1» 05 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Векторный и тензорный анализ

**Направление подготовки – 03.03.02 Физика**

Экспериментальная физика

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3

лекции 36 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы \_\_\_\_\_ час.

в том числе с использованием МАО лек. 12 / пр. 12 час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

в том числе с использованием МАО 24 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы 1

курсовая работа нет

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики, протокол № 8 от «27» 05 2019 г.

Заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики В.В. Короченцев  
Составитель Московченко Л.Г.

**Владивосток**  
**2019**

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа дисциплины «Векторный и тензорный анализ» разработана для студентов 2 курса направления 03.03.02 «Физика», профиль «Экспериментальная физика», в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к разделу Б1.Б базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 час. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (18 часов), самостоятельная работа студента (18 часов), контрольные работы (36 часов). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Данный курс базируется на материале курсов «Математический анализ», «Алгебра и аналитическая геометрия», «Механика», «Электричество и магнетизм».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, необходимый для дальнейшего усвоения цикла специальных дисциплин, таких как «Уравнения математической физики», «Электродинамика», «Теоретическая механика», «Квантовая механика» и целый ряд дисциплин по специализациям.

**Цель** курса «Векторный и тензорный анализ» заключается в ознакомлении обучающихся с основами классической теории поля (векторный анализ), тензорной алгебры и тензорного анализа; а также в формировании навыков работы с такими математическими объектами как вектор и тензор, построения и использования криволинейных систем координат (КСК) для дальнейшего освоения дисциплин специализации.

#### **Задачи:**

- ознакомление с основными понятиями и методами тензорного и векторного анализа;
- изучение и применение методов тензорного и векторного анализа.

Для успешного изучения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1 – владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2 - способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	Знает	определения основных понятий векторного и тензорного анализа; содержание основных принципов и теорем векторного и тензорного анализа; основные методы расчетов применяемых в векторном и тензорном анализе.
	Умеет	находить основные характеристики скалярного и векторного полей; применять набла-исчисление; выполнять основные операции тензорной алгебры.
	Владеет	методами расчета характеристик скалярного и векторного полей в различных системах координат; навыками построения криволинейных систем координат; методами тензорного анализа.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Векторный и тензорный анализ» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекция-дискуссия, работа в малых группах, обсуждение, семинар по решению задач в диалоговом режиме.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Раздел I. Основы векторного исчисления (18 час.)

#### Тема 1. Скалярное поле. (4 час.)

Основные понятия и определения. Производная по направлению. Градиент скалярного поля.

#### Тема 2. Векторное поле. (6 час.)

Источниковое векторное поле. Поток векторного поля. Дивергенция, первое уравнение векторного поля. Вычисление дивергенции в ДСК. Ротор векторного поля. Второе уравнение векторного поля. Вычисление ротора в ДСК.

#### Тема 3. Набла-исчисление. (2 час.)

*Интерактивный метод: лекция-дискуссия.*

Операции первого и второго порядка по набла. Решение уравнений векторного поля. Формулы Грина.

#### **Тема 4. Криволинейные системы координат (КСК). (6 час.)**

*Интерактивный метод: лекция-дискуссия.*

Построение КСК. Метрика КСК. Нормировка базиса КСК. Ортогональные КСК. Выражение градиента в орто-КСК. Выражение дивергенции в орто – КСК. Выражение ротора в орто – КСК. Выражение оператора Лапласа в орто – КСК.

#### **Раздел II. Тензор и его применение (18 час).**

#### **Тема 5. Тензорный закон преобразования. (6 час.)**

Тензорный закон преобразования базисных векторов. Общее определение тензора.

#### **Тема 6. Тензорная алгебра. (4 час.)**

Сложение и вычитания тензоров. Тензорное умножение. Операция поднятия и опускания индексов. Операция свертки индексов. Альтернирование и симметрирование тензоров.

#### **Тема 7. Тензорный анализ. (4 час.)**

Дифференцирование базисных векторов. Связь символов Кристоффеля с метрическим тензором. Дифференцирование тензоров.

#### **Тема 8. Римановы пространства. (4 час.)**

*Интерактивный метод: лекция-дискуссия.*

Тензор кривизны Римана – Кристоффеля. Геодезические линии. Риманова геометрия.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

*Интерактивный метод:* работа в малых группах, коллективное обсуждение методов решения задачи. *Интерактивный метод:* семинар по решению задач в диалоговом режиме.

### **Практические занятия (18 час.)**

#### **Занятие 1. Скалярные поля (2 час.)**

*Интерактивный метод: семинар по решению задач в диалоговом режиме.*

1. Построение поверхностей равного уровня.
2. Вычисление производной по направлению.
3. Вычисление градиента скалярного поля.

#### **Занятие 2. Векторное поле (2 час.)**

*Интерактивный метод: работа в малых группах, коллективное обсуждение методов решения задачи.*

1. Построение векторных линий.
2. Вычисление потока вектора через поверхность.
3. Вычисление дивергенции в ДСК.

**Занятие 3. Свойства вихревых векторных полей (2 час.)**

1. Вычисление циркуляции вектора по кривой.
2. Вычисление ротора в ДСК.

**Занятие 4. Набла – исчисление. (2 час.)**

*Интерактивный метод: семинар по решению задач в диалоговом режиме.*

**Занятие 5-6. Криволинейные системы координат. (4 час.)**

*Интерактивный метод: семинар по решению задач в диалоговом режиме.*

1. Построение цилиндрической системы координат.
2. Построение сферической системы координат.
3. Вычисление основных операций векторного анализа в КСК.

**Занятие 7. Тензорный закон преобразования. (2 час.)**

**Занятие 8. Тензорная алгебра. (2 час.)**

*Интерактивный метод: семинар по решению задач в диалоговом режиме.*

1. Основные операции тензорной алгебры.
2. Альтернирование и симметрирование тензоров.

**Занятие 9. Тензорный анализ. (2 час.)**

1. Дифференцирование тензоров.
2. Символы Кристоффеля.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы векторного исчисления	ОПК-2	Знает	Устный опрос (УО-1)	Экзамен, вопросы № 1-21
			Умеет	Тест (ПР-1), Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		
2	Раздел 2 Тензор и его применение	ОПК-2	Знает	Устный опрос (УО-1)	Экзамен, вопросы № 22-34
			Умеет	Тест (ПР-1), Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Основная литература

1. Гордиенко, А.Б. Основы векторного и тензорного анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко. — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2009. — 131 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30131>. — Загл. с экрана.
2. Логинов, А.С. Избранные разделы курса "Векторный анализ" (теория и примеры) [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Логинов, Н.В. Мирошин, С.Г. Селиванова. — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ,

2009. — 96 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75846>. — Загл. с экрана.
3. Сидняев, Н.И. Руководство к решению задач по векторному анализу [Электронный ресурс] : методические указания / Н.И. Сидняев, Н.М. Гордеева. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 51 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103584>. — Загл. с экрана.

### **Дополнительная литература**

1. Горлач, Б.А. Тензорная алгебра и тензорный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.А. Горлач. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56160>. — Загл. с экрана.
2. Щетинин, А.Н. Введение в тензорный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Щетинин, Е.А. Губарева. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 35 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58471>. — Загл. с экрана.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <https://www.youtube.com/watch?v=RfmKo9aojcs> - Телекинокурс. Высшая математика. Лекции 95-96. Основы векторного анализа.
2. [https://www.youtube.com/watch?v=na7SMde3i\\_U&list=PLGrZCegVcud7ADpOU0mT2qoXbCts8GQJ\\_](https://www.youtube.com/watch?v=na7SMde3i_U&list=PLGrZCegVcud7ADpOU0mT2qoXbCts8GQJ_) – Курс «Основы векторного анализа».

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office ( Excel, PowerPoint, Word и т. д), Open Office, программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение каждой темы курса предполагает следующие действия:

- 1) Посещение лекционных занятий;



2) Самостоятельная проработка изученного на лекции материала по конспекту и рекомендованной литературе;

3) Решение задач и работа на практических занятиях.

Лекционные занятия ориентированы на освещение основных тем курса и призваны сориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Работа на лекционных занятиях предполагает активное участие обучающегося в процессе освоения материала, ведение конспекта.

Самостоятельная работа является важнейшей компонентой изучения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» и включает в основном работу с конспектами лекций и рекомендованной литературой, решение задач.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется мультимедийное оборудование, компьютерный класс, оснащенный следующим программным обеспечением: Microsoft Office ( Excel, PowerPoint, Word и т. д), Open Office.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»**

**Направление подготовки – 03.03.02 Физика**

**Экспериментальная физика**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2019**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
2	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
3	3 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
4	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
5	5 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
6	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
7	7 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
8	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
9	9 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
10	10 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
11	11 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
12	12 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
13	13 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
14	14 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях

15	15 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
16	16 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
17	17 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
18	18 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1	Работа на семинарских занятиях
19		Подготовка к экзамену	36	Экзамен

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа помогает студентам:

1. овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и др. справочной литературой;
- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2. закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

#### **Самостоятельная работа на лекции**

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает

интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### *Работа с литературными источниками*

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).

4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

*Критерии оценки выполнения самостоятельной работы*

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на семинарских занятиях.

*Критерии оценки результатов самостоятельной работы.*

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»**  
**Направление подготовки – 03.03.02 Физика**  
**Экспериментальная физика**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2019**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	определения основных понятий векторного и тензорного анализа; содержание основных принципов и теорем векторного и тензорного анализа; основные методы расчетов применяемых в векторном и тензорном анализе.
	Умеет	находить основные характеристики скалярного и векторного полей; применять набла-исчисление; выполнять основные операции тензорной алгебры.
	Владеет	методами расчета характеристик скалярного и векторного полей в различных системах координат; навыками построения криволинейных систем координат; методами тензорного анализа.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы векторного исчисления	ОПК-2	Знает	Устный опрос (УО-1)	Экзамен, вопросы № 1-21
			Умеет	Тест (ПР-1), Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет		
2	Раздел 2 Тензор и его применение	ОПК-2	Знает	Устный опрос (УО-1)	Экзамен, вопросы № 22-34
			Умеет	Тест (ПР-1), РГР (ПР-2)	
			Владеет		

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций



Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает (пороговый уровень)	определения основных понятий векторного и тензорного анализа; содержание основных принципов и теорем векторного и тензорного анализа; основные методы расчетов применяемых в векторном и тензорном анализе.	знание определений, основных понятий векторного и тензорного анализа; базовые знания фундаментальных разделов математики, знание методов решения различных типов задач в векторном и тензорном анализе.	способность дать определения основных понятий векторного и тензорного анализа; применить знания из фундаментальных разделов математики для решения задач в векторном и тензорном анализе.
	умеет (продвинутый)	находить основные характеристики скалярного и векторного полей; применять набл-исчисление; выполнять основные операции тензорной алгебры.	умеет решать задачи прикладного и теоретического характера, выполнять основные операции векторного анализа в ортогональных КСК.	способность использовать базовые знания фундаментальных разделов математики и методов векторного и тензорного анализа для выполнения основных операций в ДСК и ортогональных КСК.
	владеет (высокий)	методами расчета характеристик скалярного и векторного полей в различных системах координат; навыками построения криволинейных систем координат; методами тензорного анализа.	владение математическим аппаратом в решении задач векторного и тензорного анализа.	способность определять метод решения задачи, применять методы решения для нахождения характеристик векторных и тензорных полей в ДСК, КСК; выполнять основные операции тензорного анализа.

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий: устного опроса, ведения конспекта, решения задач, контрольной работы.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины, овладению общими компетенциями.

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения. Предметом оценки освоения являются умения и знания.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена (устный опрос в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов) и позволяет определить развитие общих компетенций, предусмотренных для ОПОП. Условием допуска к экзамену является успешное освоение обучающимися всех элементов дисциплины.

#### **Методы контроля:**

- Проведение контрольных работ.
- Тестирование.
- Экзамен.

#### **Интерактивные формы проведения занятий:**

- работа в малых группах, коллективное обсуждение методов решения задачи.
- семинар по решению задач в диалоговом режиме.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные понятия и определения скалярного поля.
2. Производная по направлению.
3. Градиент скалярного поля.
4. Источниковое векторное поле.
5. Поток векторного поля.
6. Дивергенция, первое уравнение векторного поля.
7. Вычисление дивергенции в ДСК.
8. Ротор векторного поля.
9. Второе уравнение векторного поля.
10. Вычисление ротора в ДСК.
11. Операции первого и второго порядка по набла.
12. Решение уравнений векторного поля.
13. Формулы Грина.
14. Построение КСК.
15. Метрика КСК.
16. Нормировка базиса КСК.
17. Ортогональные КСК.
18. Выражение градиента в орто-КСК.
19. Выражение дивергенции в орто – КСК.
20. Выражение ротора в орто – КСК.
21. Выражение оператора Лапласа в орто – КСК.
22. Тензорный закон преобразования базисных векторов.
23. Общее определение тензора.
24. Сложение и вычитания тензоров.
25. Тензорное умножение.
26. Операция поднятия и опускания индексов.

27. Операция свертки индексов.
28. Альтернирование и симметрирование тензоров.
29. Дифференцирование базисных векторов.
30. Связь символов Кристоффеля с метрическим тензором.
31. Дифференцирование тензоров.
32. Тензор кривизны Римана – Кристоффеля.
33. Геодезические линии.
34. Риманова геометрия.

### Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

Школа естественных наук

ООП 03.03.02-Физика

Дисциплина Векторный и тензорный анализ

Форма обучения очная

Семестр 3 2019 - 2020 учебного года

Реализующая кафедра Теоретической и ядерной физики

### Экзаменационный билет № 1

1. Градиент скалярного поля.
2. Дифференцирование тензоров.

Заведующий кафедрой

Ширмовский С.Э.

### Критерии оценки на экзамене по дисциплине

#### «Векторный и тензорный анализ»

Оценка **«отлично»** ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка **«хорошо»** ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и

обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

## Оценочные средства для текущей аттестации

### Контрольная работа 1

#### Вариант 1

1. Даны векторы  $\mathbf{a} = 2\mathbf{i} + 2\mathbf{j} - \mathbf{k}$  и  $\mathbf{b} = 2\mathbf{i} - \mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ . Найти длины проекций этих векторов друг на друга.
2. Дан вектор  $\mathbf{p} = 2\mathbf{a} + 3\mathbf{b} - 5\mathbf{c}$ , где  $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$  - взаимно перпендикулярные вектора, причем  $|\mathbf{a}| = 1$ ,  $|\mathbf{b}| = 2$  и  $|\mathbf{c}| = 3$ . Найти угол между вектором  $\mathbf{p}$  и  
а) векторами  $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$ ; б) векторами  $\mathbf{a} + \mathbf{b}, -(\mathbf{a} + \mathbf{b} + \mathbf{c})$ .
3. При каком значении  $t$  данные векторы компланарны?  
а)  $\mathbf{a} = \{3, 6, 9\}$ ,  $\mathbf{b} = \{2, 5, 8\}$ ,  $\mathbf{c} = \{1, t, 3\}$ ;  
б)  $\mathbf{a} = \{5, 8, 11\}$ ,  $\mathbf{b} = \{3, 5, 7\}$ ,  $\mathbf{c} = \{1, t, 3\}$ .

## Расчетно-графическая работа 2

1. Доказать, что сумма  $\alpha A_{ij} + \beta B_{ij}$  представляет собой компоненты тензора второго ранга, если известно, что  $A_{ij}$  и  $B_{ij}$  – тензоры второго ранга, а  $\alpha$  и  $\beta$  – скаляры.
2. Доказать, что произведение  $\delta_{ij} A_j B_n C_n$  является вектором, если  $A$ ,  $B$  и  $C$  – векторы.
3. В некоторой декартовой системе координат известно соотношение  $M_{ijk} = A_i B_{jk}$ . Известно, что  $A_i$  и  $B_{jk}$  составляют компоненты тензоров I-го и II-го рангов соответственно. Доказать, что  $M_{ijk}$  – тензор III-го ранга.

### Критерии оценки контрольных и расчетно-графических работ

#### Отметка "Отлично"

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

#### Отметка "Хорошо"

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

#### Отметка "Удовлетворительно"

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.
2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

#### Отметка "Неудовлетворительно"

1. Решение осуществлено только с помощью учителя.
2. Допущены существенные ошибки.
3. Решение и объяснение построены не верно.

### Тестовый контроль

1. Найти модуль напряженности электрического поля в точке (1, 1, 1), если потенциал равен  $(x^2 - y^2 + z^2)$ .

а) 1 б) -1 в)  $\sqrt{12}$  г)  $\sqrt{2}$

2. Найти проекцию на ось  $z$  напряженности электрического поля в точке  $(1, 1, 1)$ , если потенциал равен  $(x^2y^2z^2)$ .

а) -2 б) 2 в) 1 г) -1

3. Найти поток поля  $\vec{r}$  через поверхность сферы единичного радиуса.

а) 1 б) 3 в)  $4\pi/3$  г)  $4\pi$

4. Найти поток поля  $\vec{\rho}$  через поверхность сферы единичного радиуса.

(Вектор  $\vec{\rho}$  имеет компоненты  $(x, y, 0)$ .)

а) 2 б) 1 в)  $8\pi/3$  г)  $4\pi/3$

5. Вычислить  $\operatorname{div} z\vec{r}$ .

а) 3 б)  $4z$  в)  $3z$  г)  $z$

6. Вычислить  $\operatorname{div}(\vec{d} \sin(\vec{k}\vec{r}))$ , где  $\vec{d}, \vec{k} = \text{const}$ ,  $\vec{r}(x, y, z)$

а) 3 б)  $(\vec{d}\vec{k}) \cos(\vec{k}\vec{r})$  в)  $\cos(\vec{k}\vec{r})$  г)  $(\vec{d}\vec{k})$

7. Вычислить  $\operatorname{rot}(\vec{d} \sin(\vec{k}\vec{r}))$ , где  $\vec{d}, \vec{k} = \text{const}$ ,  $\vec{r}(x, y, z)$

а) 0 б)  $[\vec{k}\vec{d}] \sin(\vec{k}\vec{r})$  в)  $-[\vec{k}\vec{d}] \sin(\vec{k}\vec{r})$  г)  $[\vec{k}\vec{d}] \cos(\vec{k}\vec{r})$

8. Найти циркуляцию поля  $\vec{a}(\vec{r})(x - z, y + 2x - z, x + y)$  по окружности единичного радиуса с центром в начале координат, лежащей в плоскости  $(y, z)$ .

а) 3 б) 1 в)  $2\pi$  г)  $\pi$

### Критерии оценки тестовых работ

**Отметка "Отлично"**

Выполнено 86-100 % заданий

**Отметка "Хорошо"**

Выполнено 75-85 % заданий

**Отметка "Удовлетворительно"**

Выполнено 61-74 % заданий

**Отметка "Неудовлетворительно"**

Выполнено менее 61% заданий

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ к промежуточной оценке знаний**

1. Как выполняются линейные операции над векторами? Каковы свойства этих операций?
2. Какие вектора называются линейно зависимыми, а какие линейно независимыми?
3. Что такое базис? Какие вектора образуют базис на плоскости и в пространстве?
4. Какой базис называют декартовым?
5. Что такое координаты вектора?
6. Что называется скалярным произведением векторов? Каковы его свойства? Для решения каких задач и как оно может быть использовано?
7. Что называется векторным произведением векторов? Каковы его свойства? Для решения каких задач и как оно может быть использовано?
8. Что называется смешанным произведением векторов? Каковы его свойства? Для решения каких задач и как оно может быть использовано?
9. Запишите в векторной и координатной формах условия коллинеарности, ортогональности и компланарности векторов.
10. Прямая линия на плоскости, её общее уравнение.
11. Дайте понятие нормального и направляющего векторов прямой на плоскости, углового коэффициента.
12. Запишите различные виды прямой и укажите геометрический смысл параметров уравнения.