

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Гаурский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Векторный и тензорный анализ Б1.В.ОД.5.9

Направление подготовки: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки: Физика и информатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хабибуллина Г.З.

**Рецензент(ы):**

Сушков С.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6145818

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Хабибуллина Г.З. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, GZHabibullina@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Векторный и тензорный анализ" является изучение теоретических основ классического векторного анализа в трехмерном евклидовом пространстве, а также современного векторного и тензорного анализа в пространствах произвольного числа измерений.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Математического и естественнонаучного цикла" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-3 (общекультурные компетенции)	Способность использовать основы естественнонаучных и экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах;
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность к самоорганизации и самообразованию;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность выполнять профессионально-педагогические функции для обеспечения эффективной организации и управления педагогическим процессом подготовки рабочих, служащих и специалистов среднего звена;
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность развивать профессионально важные и значимые качества будущих рабочих, служащих и специалистов среднего звена;
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность организовывать профессионально-педагогическую деятельность на нормативно-правовой основе;
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность к использованию современных воспитательных технологий формирования у обучающихся духовных, нравственных ценностей и гражданственности;
ПК-7 (профессиональные компетенции)	готовность к планированию мероприятий по социальной профилактике обучаемых.

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

-теоретические основы векторного и тензорного анализа.

2. должен уметь:

использовать знание теоретических основ векторного и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах.

3. должен владеть:

умением использовать основные понятия и методы теории векторного и тензорного анализа при решении задач (в том числе методы вычисления градиентов скалярных полей, дивергенции, ротора, потока через поверхность векторных полей, лапласиана скалярных полей в ортогональных и криволинейных координатах).

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 4 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Скалярные поля	4	2	4	6	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Векторные поля.	4	2	4	8	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.	4	2	4	8	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Аффинное пространство и тензоры в нем.	4	2	2	6	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Алгебраические операции над тензорами.	4	2	2	6	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.	4		2	2	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	Зачет
	Итого			18	36	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Скалярные поля

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Скалярные поля. Определение. Поверхности и линии уровня. Симметрии скалярного поля. Производная скалярного поля. Градиент.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Производная по направлению и градиент.

### Тема 2. Векторные поля.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Векторные поля. Векторные линии и трубки. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция, циркуляция, ротор векторного поля. Потенциальное, соленоидальное поля. Лапласово поле. Оператор Гамильтона. Дифференциальные операции второго порядка.

#### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Векторное поле и основные дифференциальные операции векторного анализа 1-го порядка в декартовой системе координат. Градиент и дивергенция в ортогональных криволинейных координатах.

### Тема 3. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах. Градиент. Дивергенция. Ротор. Оператор Лапласа.

#### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных координатах.

### Тема 4. Аффинное пространство и тензоры в нем.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Аффинное пространство и тензоры в нем. Аффинная координатная система. Преобразование аффинного базиса. Определение тензора.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Аффинная координатная система.

### Тема 5. Алгебраические операции над тензорами.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Алгебраические операции над тензорами. Сложение, вычитание, умножение, свертка тензоров. Перестановка индексов. Симметрирование, альтернирование тензоров. Обобщенные символы Кронекера.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Операции над тензорами.

### Тема 6. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.

#### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Евклидовы и псевдоевклидовы пространства. Тензорная алгебра в евклидовых пространствах. Криволинейные координаты. Параллельное перенесение тензоров. Коэффициенты связности. Ковариантное дифференцирование тензоров. Уравнения Максвелла.

#### практическое занятие (2 часа(ов)):

. Тензоры в евклидовых пространствах.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Скалярные поля	4	2	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
2.	Тема 2. Векторные поля.	4	2	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
3.	Тема 3. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.	4	2	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
4.	Тема 4. Аффинное пространство и тензоры в нем.	4	2	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
5.	Тема 5. Алгебраические операции над тензорами.	4	2	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
6.	Тема 6. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.	4		подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				54	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курс лекций и практических занятий, организованных по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и студентом.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Скалярные поля

домашнее задание , примерные вопросы:

Определение. Поверхности и линии уровня. Симметрии скалярного поля. Производная скалярного поля. Градиент.

## **Тема 2. Векторные поля.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Векторные линии и трубки. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция, циркуляция, ротор векторного поля. Потенциальное, соленоидальное поля. Лапласово поле. Оператор Гамильтона. Дифференциальные операции второго порядка.

## **Тема 3. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Градиент. Дивергенция. Ротор. Оператор Лапласа

## **Тема 4. Аффинное пространство и тензоры в нем.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Аффинная координатная система. Преобразование аффинного базиса. Определение тензора.

## **Тема 5. Алгебраические операции над тензорами.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Сложение, вычитание, умножение, свертка тензоров. Перестановка индексов. Симметрирование, альтернирование тензоров. Обобщенные символы Кронекера.

## **Тема 6. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Тензорная алгебра в евклидовых пространствах. Криволинейные координаты. Параллельное перенесение тензоров. Коэффициенты связности. Ковариантное дифференцирование тензоров. Уравнения Максвелла.

## **Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету:

1. Поверхности и линии уровня скалярного поля.
2. Производная скалярного поля по направлению. Градиент.
3. Определение векторного поля. Векторные линии и трубки.
4. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция.
5. Циркуляция векторного поля. Ротор.
6. Потенциальное поле.
7. Соленоидальное поле.
8. Лапласово поле.
9. Дифференциальные операции второго порядка.
10. Криволинейные ортогональные координаты в трёхмерном евклидовом пространстве.
11. Градиент в ортогональных криволинейных координатах.
12. Дивергенция в ортогональных криволинейных координатах.
13. Ротор в ортогональных криволинейных координатах.
14. Оператор Лапласа в ортогональных криволинейных координатах.
15. Определение аффинных пространств  $n$  измерений.
16. Аффинная система координат. Преобразование аффинного базиса.
17. Определение ковариантного тензора.
18. Определение контравариантного тензора.
19. Общее определение тензора в аффинном пространстве.
20. Алгебраические операции над тензорами.

### 7.1. Основная литература:

1. Запорожец, Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2014. ? 464 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/149>.
2. Берман, Г.Н. Сборник задач по курсу математического анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 492 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73084>.
3. Злобина, С.В. Математический анализ в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.В. Злобина, Л.Н. Посицельская. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 360 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2377>.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Берман, Г.Н. Решебник к сборнику задач по курсу математического анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 608 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/674>.
2. Дубровин, В.Т. Лекции по математическому анализу: учебное пособие. Ч.1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Казань : КФУ, 2012. ? 180 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73545>.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- <http://nashol.com/2012030763889/vektornii-analiz-i-nachala-tenzornogo-ischisleniya-borisenko-a-i-tarapov> - Векторный анализ и начала тензорного исчисления, Борисенко А.И., Тарапов И.Е., 1966.
- Векторный и тензорный анализ -  
[http://eknigi.org/nauka\\_i\\_ucheba/159196-vektornyj-i-tenzornyj-analiz.html](http://eknigi.org/nauka_i_ucheba/159196-vektornyj-i-tenzornyj-analiz.html)
- Вильчевская Е. Н. Тензорная алгебра и тензорный анализ: учеб. пособие / Е.Н. Вильчевская. ? СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 4 с. - <http://tm.spbstu.ru/images/6/6e/Vilch-Tensor5.pdf>
- Малышев А.И., Максимова Г.М. Основы векторного и тензорного анализа для физиков. Электронное учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. - 101 с. - <http://window.edu.ru/resource/324/79324>
- Сергей Гаврилов Тензорное исчисление для чайников? -  
<http://www.gptelecom.ru/Articles/tensor.pdf>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Векторный и тензорный анализ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Освоение дисциплины "Векторный и тензорный анализ" предполагает использование учебной аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.05 "Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)" и профилю подготовки Физика и информатика .



Автор(ы):

Хабибуллина Г.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Сушков С.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.