

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Актуализировано:  
на заседании кафедры  
протокол № 7 от « 12 » января 2022 г.

Зав. кафедрой  / Хабибуллин Б.Н.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Векторный и тензорный анализ

обязательная

**программа бакалавриата**

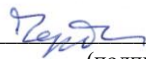
Направление подготовки (специальность)  
03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль) подготовки  
Моделирование физических процессов и технологий

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель)

доц., к.ф.-м.н.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Черданцев И.Ю.  
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель / составители: доц., к.ф.-м.н. Черданцев И.Ю.

Рабочая программа дисциплины *актуализирована* на заседании кафедры высшей алгебры и геометрии протокол от « 12 » января 2022 г. № 7 .

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры высшей алгебры и геометрии протокол № 7 от « 12 » января 2022 г.

Заведующий кафедрой



/ Б.Н. Хабибуллин /

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. <b>Цель</b> и место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.	9
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	10
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	13
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	13
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>
<i>ОПК-2 – способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.</i>	<i>ОПК-2.1. Знание понятий.</i>	Знать: основные понятия, определения и свойства объектов векторного и тензорного анализа, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства.
	<i>ОПК-2.2. Способность оперировать понятиями.</i>	Уметь: доказывать утверждения векторного и тензорного анализа, уметь применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач.
	<i>ОПК-2.3. Умение решать задачи.</i>	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач.

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>
<i>ОПК-3 – способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты).</i>	<i>ОПК-3.1. Знание понятий.</i>	Знать: естественнонаучную сущность понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.
	<i>ОПК-3.2. Способность оперировать понятиями.</i>	Уметь: производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в

	ортогональных криволинейных системах координат.
<i>ОПК-3.3. Умение решать задачи.</i>	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач.

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к обязательной части и входит в раздел «Б1.0.09.06» (обязательная часть) ФГОС по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладная математика и физика».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

**Цели изучения дисциплины:** научиться производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: аналитическая геометрия, линейная алгебра, математический анализ. Понятия полилинейных функционалов и тензоров основываются на: понимании векторных пространств, линейных операторов, билинейных функций и скалярных произведений; умении преобразовывать координаты векторов, матрицы линейных операторов и билинейных функционалов при изменении базисов. Для освоения ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, нахождения градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат необходимо знание и владение математическим анализом.

Знания, полученные в результате освоения курса «Векторный и тензорный анализ» формируют у студентов правильное представление об основных понятиях векторного и тензорного анализа - математической науки, используемой при изучении механики, электричества и магнетизма, квантовой теории, электродинамики, геофизики. Кроме того, этот курс позволяет создавать математические модели различных физических задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей. Поэтому, изучение дисциплины является одним из важнейших элементов подготовки специалистов по данному направлению.

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» одна из базовых дисциплин профиля, ибо без её знания невозможно адекватное понимание механики, электричества и магнетизма, квантовой теории, электродинамики, геофизики.

По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с аналитической геометрией, линейной алгеброй, математическим анализом и способствует формированию у будущих специалистов навыков создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретирования полученных результатов с учетом границ применимости моделей.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## **4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

### **4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и формулировка компетенции

**ОПК-2** способностью использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-2.1. Знание понятий.	Знать: основные понятия, определения и свойства объектов векторного и тензорного анализа, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления о основных понятиях, определениях и свойствах объектов векторного и тензорного анализа, формулировках и доказательствах утверждений, методах их доказательства.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о основных понятиях, определениях и свойствах объектов векторного и тензорного анализа, формулировках и доказательствах утверждений, методах их доказательства.
ОПК-2.2. Умение оперировать понятиями.	Уметь: доказывать утверждения и решать задачи векторного и тензорного анализа, уметь применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	Отсутствие умений или фрагментарные умения: доказывать утверждения и решать задачи векторного и тензорного анализа, применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение: доказывать утверждения и решать задачи векторного и тензорного анализа, применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.
ОПК-2.3. Умение решать задачи.	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач с целью в последующем использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики.	Отсутствие владения или фрагментарное владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач с целью в последующем использовать в профессиональной деятельности базовые	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач с целью в последующем использовать в профессиональной деятельности базовые

		знания фундаментальных разделов математики.	знания фундаментальных разделов математики.
--	--	---	---

Код и формулировка компетенции

**ОПК-3** – способностью составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты).

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-3.1. Знание понятий.	Знать: естественнонаучную сущность понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления о естественнонаучной сущности понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о естественнонаучной сущности понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.
ОПК-3.2. Умение оперировать понятиями.	Уметь: производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.	Отсутствие умений или фрагментарные умения производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умений производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.



ОПК-3.3. Умение решать задачи.	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.	Отсутствие владения или фрагментарное владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.
-----------------------------------	--	--	--

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания *для зачета*:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-2.1. Знание понятий.	Знать: основные понятия, определения и свойства объектов векторного и тензорного анализа, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства.	Индивидуальный, групповой опрос; контрольные работы
ОПК-2.2. Умение оперировать понятиями.	Уметь: доказывать утверждения векторного и тензорного анализа, уметь применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач.	Индивидуальный, групповой опрос; практическое задание
ОПК-2.3. Умение решать задачи.	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач.	Контрольные работы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
ОПК-3.1. Знание понятий.	Знать: естественнонаучную сущность понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.	Индивидуальный, групповой опрос; контрольные работы	
ОПК-3.2. Умение оперировать понятиями.	Уметь: производить алгебраические операции над тензорами, вычислять компоненты тензоров при изменении базиса, производить свертку тензоров, осуществлять спуск и подъем индексов, производить ковариантное дифференцирование векторных и тензорных полей, находить градиент, дивергенцию, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.	Индивидуальный, групповой опрос; практическое задание	
ОПК-3.3. Умение решать задачи.	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач.	Контрольные работы	

#### 4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

Примерные вопросы для зачета:

1. Сопряженное пространство. Преобразование сопряженного базиса и координат ковекторов.
2. Билинейные функционалы. Пространства со скалярным умножением. Метрические коэффициенты и взаимные базисы.
3. Пространство билинейных функционалов. Билинейные функционалы от ковекторов. Смешанные билинейные функционалы.
4. Полилинейные функционалы. Тензоры. Алгебра тензоров. Базис пространства тензоров.
5. Свертка тензоров.
6. Тензоры в пространстве с невырожденным скалярным умножением. Подъем и спуск индексов.
7. Симметричные и кососимметричные тензоры.
8. Тензорные и векторные поля. Ковариантное дифференцирование векторных полей. Ковариантное дифференцирование тензоров.
9. Инварианты линейного оператора. Дивергенция и ротор линейного оператора.

10. Градиент скалярного поля. Производная по направлению.
11. Дивергенция и ротор векторного поля. Производная векторного поля по направлению.
12. Повторные операции теории поля.
13. Криволинейные координаты. Выражение основных операций теории поля в криволинейных координатах.

#### **Вопросы для практических занятий**

Занятие № 1

Сопряженное пространство. Преобразование сопряженного базиса и координат ковекторов.

Занятие № 2

Билинейные функционалы. Пространства со скалярным умножением.

Занятие № 3

Метрические коэффициенты и взаимные базисы. Пространство билинейных функционалов.

Занятие № 4, 5

Полилинейные функционалы. Тензоры. Тензорный закон преобразования.

Занятие № 6

Базис пространства тензоров. Свертка тензоров.

Занятие № 7, 8

Тензоры в пространстве с невырожденным скалярным умножением. Подъем и спуск индексов.

Занятие № 9

Симметричные и кососимметричные тензоры.

Занятие № 10

Векторные поля. Ковариантное дифференцирование векторных полей.

Занятие № 11, 12

Тензорные поля. Ковариантное дифференцирование тензорных полей.

Занятие № 13

Градиент скалярного поля. Производная векторного поля по направлению.

Занятие № 14

Дивергенция и ротор векторного поля.

Занятие № 15

Повторные операции теории поля.

Занятие № 16

Криволинейные координаты.

Занятие № 17

Градиент, дивергенция, ротор и оператор Лапласа в ортогональных криволинейных системах координат.

Описание методики оценивания практических занятий:

**Критерии оценки (в баллах):** за каждую решенную задачу у доски ставится 2 балла.

### Задания для контрольной работы

Описание контрольной работы:

Контрольная работа состоит из пяти практических заданий по пройденному материалу.

Пример варианта контрольной работы:

#### Контрольная работа №1

- Найти значение тензора  $A \otimes B - B \otimes A \in T_5^0(V)$  от набора  $(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ :
  - $A = e^1 \otimes e^2 + e^2 \otimes e^3 + e^2 \otimes e^2 \in T_2^0(V)$ ,  
 $B = e^1 \otimes e^1 \otimes (e^3 - e^3) \in T_3^0(V)$ ,  $v_1 = e_1, v_2 = e_1 + e_2, v_3 = e_2 + e_3, v_4 = v_5 = e_2$ ;
  - $A = e^1 \otimes e^2 + e^2 \otimes e^3 + e^3 \otimes e^1 \in T_2^0(V)$ ,  
 $B \in T_3^0(V)$ , все координаты которого равны 1,  
 $v_1 = e_1 + e_2, v_2 = e_2 + e_3, v_3 = e_1 + e_3, v_4 = v_5 = e_2$ .
- Найти координаты:  
 $t_{i'j'}^{k'n}$  тензора  $e^1 \otimes e^2 \otimes (e_1 + e_2) \in T_2^1(V)$  в базисе  
 $(e_{1'}, e_{2'}) = (e_1, e_2) \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$ ;
- Найти координаты:  
 $t_{i'j'k'}^{l'm'n}$  тензора  $e^2 \otimes e^1 \otimes e_3 \otimes e_1 + e^3 \otimes e^3 \otimes e_1 \otimes e_2 \in T_2^2(V)$  в базисе  
 $(e_{1'}, e_{2'}, e_{3'}) = (e_1, e_2, e_3) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$ .
- Найти свертку:
  - по первому верхнему и нижнему индексам тензора  
 $T = 2e^2 \otimes e_1 \otimes e_2 - 3e^1 \otimes e_1 \otimes e_2 - 9e^1 \otimes e_2 \otimes e_1$ ;
  - по верхнему и второму нижнему индексам тензора  
 $T = 3e^2 \otimes e^1 \otimes e_2 + 2e^1 \otimes e^2 \otimes e_2 - 12e^2 \otimes e^1 \otimes e_1$ .
- Дан метрический тензор  $G = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 5 \end{pmatrix}$  и тензор  
 $T = 2e^2 \otimes e_1 \otimes e_2 - 3e^1 \otimes e_1 \otimes e_2 - 9e^1 \otimes e_2 \otimes e_1$ .
  - Опустить первый верхний индекс на первое место внизу;
  - Поднять нижний индекс на второе место вверх;
  - Поднять нижний индекс на третье место вверх.

Описание методики оценивания контрольных работ:

**Критерии оценки (в баллах):** за каждую решенную задачу ставится 5 баллов, если задача решена на половину, то за нее ставится 2-3 балла.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Постников, М.М. Линейная алгебра. Санкт-Петербург : Лань, 2009. <https://e.lanbook.com/book/319>.
2. Дмитриенко И.Ю. Тензорное исчисление: учеб. пособие для вузов.— М.: Высшая школа, 2001.
3. Беклемишева Л.А., Петрович А.Ю., Чубаров И.А. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре. Санкт-Петербург: Лань, 2018. <https://e.lanbook.com/book/109625>.
4. Горлач, Б.А. Тензорная алгебра и тензорный анализ. Санкт-Петербург : Лань, 2015. <https://e.lanbook.com/book/56160>.

#### Дополнительная литература:

5. Ильин В. А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра: М.: Физматлит, 2008. <https://e.lanbook.com/book/2178>.
6. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа: Часть II. М.: Физматлит, 2009. <https://e.lanbook.com/book/2736>.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
2	Электронная библиотека <a href="http://www.mccme.ru/">http://www.mccme.ru/</a>	Сайт Московского Центра Непрерывного Математического Образования ставит своей целью сохранение и развитие традиций математического образования, поддержку различных форм внеклассной работы со школьниками (кружков, олимпиад, турниров и т.д.), методическую помощь руководителям кружков и преподавателям классов с углубленным изучением математики, поддержку программ в области преподавания математики в высшей школе и аспирантуре, научной работы
3	<a href="http://www.eqworld.ipmnet.ru/">http://www.eqworld.ipmnet.ru/</a>	Учебно-образовательная физико-математическая библиотека, содержащая DjVu- и PDF-файлы учебников
4	<a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>	3 Общероссийский математический портал
5	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека – online»: специализируется на учебных материалов для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а также содержит материалы по точным и естественным наукам

**Добавлено примечание ([F1]):** В библиотеке не более 20 экз. за все годы издания  
 Есть в ЭБС (надо указать его обязательно):  
 Постников, Михаил Михайлович. Линейная алгебра [Электронный ресурс] : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Математика" / М.М. Постников .— 3-е изд, испр. — СПб. : Лань, 2009 .— 400 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-8114-0890-0 .— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=319](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=319)>.

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Аудитории 301, 01, 02, 324	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска.
Аудитории 224, 318, 323, 324	Практические занятия	Доска.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины *Векторный и тензорный анализ* на 5 семестр  
(наименование дисциплины)

очная  
форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	54,2
лекций	18
практических/ семинарских	36
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	17,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

Форма(ы) контроля:  
Зачет 5 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Сопряженное пространство. Преобразование сопряженного базиса и координат ковекторов. Билинейные функционалы. Пространства со скалярным умножением. Метрические коэффициенты и взаимные базисы. Пространство билинейных функционалов. Билинейные функционалы от ковекторов. Смешанные билинейные функционалы.	3	6		3,8	[1]:Лекции 4,5; [5]:гл.8,§1.	[3]: гл.14, §35, №1- 10,15-18,21,22, 24,34,37-39.	Проверка домашних заданий, опрос теоретического материала
2.	Полилинейные функционалы. Тензоры. Алгебра тензоров. Базис пространства тензоров. Свертка тензоров. Тензоры в пространстве с невырожденным скалярным умножением. Подъем и спуск индексов. Симметричные и кососимметричные тензоры.	6	12		5	[1]:Лекции 6,8;	[3]: гл.14, §36, №4,5,15,16, 17,20,21,25, 27,28,36,37, 40; §37, №8,9, 11,13.	Проверка домашних заданий, опрос теоретического материала, контрольная работа
3.	Тензорные и векторные поля. Ковариантное дифференцирование векторных полей. Ковариантное дифференцирование тензоров.	3	6		3	[2]:гл.5, 6; [4]:гл.2,§1-4, гл.3, §1-12.	[2]:гл.5, №5.1.1-5.1.5, 5.2.1-5.2.5;	Проверка домашних заданий, опрос теоретического материала



4.	Инварианты линейного оператора. Дивергенция и ротор линейного оператора. Градиент скалярного поля. Производная по направлению. Дивергенция и ротор векторного поля. Производная векторного поля по направлению. Повторные операции теории поля. Криволинейные координаты. Выражение основных операций теории поля в криволинейных координатах.	6	12		6	[2]: гл.6, §3-5; [4]: гл.3, §13-15; [6]: гл.6, §1-3.	[2]:гл.6, №6.1.1-6.1.8, 6.2.1-6.2.3, 6.3.1-6.3.3.	Проверка домашних заданий, опрос теоретического материала, контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	18	36		17,8			

## Рейтинг – план дисциплины

Векторный и тензорный анализ

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность 03.03.01 Прикладные математика и физикакурс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>26</b>
1. Аудиторная работа (практические занятия)	2	8	<b>0</b>	<b>16</b>
2. Выполнение домашних заданий	1	10	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Письменная контрольная работа	5	5	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Модуль 2.</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>24</b>
1. Аудиторная работа (практические занятия)	1	7	<b>0</b>	<b>14</b>
2. Выполнение домашних заданий	1	10	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Письменная контрольная работа	5	5	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада или конкурс рефератов			<b>10</b>	<b>10</b>
2. Публикация статей				
3. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)				
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачет			<b>60</b>	<b>110</b>