

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

Актуализировано:
на заседании кафедры
протокол № 5 от «20» апреля 2020 г.

Зав. кафедрой  / Хабибуллин Б.Н.

Согласовано:
Председатель УМК факультета /института

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Векторный и тензорный анализ

базовая

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки
Физика земли и планет

Квалификация
Бакалавр

Разработчик (составитель) <u>доц., к.ф.-м.н.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Черданцев И.Ю.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	---

Для приема: 2020

Уфа 2020 г.

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

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры высшей алгебры и геометрии протокол от «20» апреля 2020 г. № 5

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры высшей алгебры и геометрии:

обновлен фонд оценочных средств.

протокол № 5 от «20» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой



/ Б.Н. Хабибуллин/

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. **Цель** 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания 6
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций 9
 - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)* 11
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 13
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 13

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1) Знать: основные понятия, определения и свойства объектов векторного и тензорного анализа, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства.	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.	
	2) Знать: естественнонаучную сущность понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	
Умения	1) 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.	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.	
	2) 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.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	

Владения (навыки / опыт деятельности)	1) 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.	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.	
	2) Владеть способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач и демонстрировать способность критически переосмысливать накопленный опыт.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	

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

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к базовой части и входит в раздел «Б1.Б.07.08» (профессиональный цикл) ФГОС по направлению 03.03.02 «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 представления 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 № 3.1.

4. **Фонд оценочных средств по дисциплине**

4.1. **Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код и формулировка 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.

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	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 доказательств.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о основных понятиях, определениях и свойствах объектов векторного и тензорного анализа, формулировках и доказательствах утверждений, методах их доказательств.
Второй этап (уровень)	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.
Третий этап (уровень)	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 знания фундаментальных разделов математики.	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.

Код и формулировка компетенции

ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	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.
Второй этап (уровень)	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.
Третий этап	Владеть: способностью	Отсутствие владения или фрагментарное	В целом успешное, но содержащее отдельные

(уровень)	соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач и демонстрировать способность критически переосмысливать накопленный опыт.	владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач и демонстрировать способность критически переосмысливать накопленный опыт.	пробелы владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач и демонстрировать способность критически переосмысливать накопленный опыт.
-----------	---	---	---

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 оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать: основные понятия, определения и свойства объектов векторного и тензорного анализа, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства.	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.	Индивидуальный, групповой опрос; контрольные работы
	2. Знать: естественнонаучную сущность понятий тензора, тензорного закона преобразования, векторного и тензорного полей, ковариантного дифференцирования векторных и тензорных полей, градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	
2-й этап	1. Уметь: доказывать утверждения и решать задачи	ОПК-2 – способностью использовать в	Индивидуальный,

Умения	векторного и тензорного анализа, уметь применять полученные навыки для создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	групповой опрос; практическое задание
	2. 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.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	
3-й этап Владеть навыками	1. 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.	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.	Контрольные работы
	2) Владеть способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач и демонстрировать способность критически переосмысливать накопленный опыт.	ОПК-8 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.	

4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 3.2.

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, 18

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

1. Найти значение тензора $A \otimes B - B \otimes A \in T_5^0(V)$ от набора $(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$:

1) $A = e^1 \otimes e^2 + e^2 \otimes e^3 + e^2 \otimes e^2 \in T_2^0(V)$,

$B = e^1 \otimes e^1 \otimes (e^3 - e^3) \in T_3^0(V)$, Место для формулы.

$v_1 = e_1, v_2 = e_1 + e_2, v_3 = e_2 + e_3, v_4 = v_5 = e_2$;

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, "

$v_1 = e_1 + e_2, v_2 = e_2 + e_3, v_3 = e_1 + e_3, v_4 = v_5 = e_2$.

2. Найти координаты:

t_{ij}^k тензора $e^1 \otimes e^2 \otimes (e_1 + e_2) \in T_2^1(V)$ в базисе

$(e_1, e_2) = (e_1, e_2) \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$;

3. Найти координаты:

t_{ij}^{kn} 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

$(e_1, e_2, e_3) = (e_1, e_2, e_3) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$.

4. Найти свертку:

1) по первому верхнему и нижнему индексам тензора

$$T = 2e^2 \otimes e_1 \otimes e_2 - 3e^1 \otimes e_1 \otimes e_2 - 9e^1 \otimes e_2 \otimes e_1;$$

2) по верхнему и второму нижнему индексам тензора

$$T = 3e^2 \otimes e^1 \otimes e_2 + 2e^1 \otimes e^2 \otimes e_2 - 12e^2 \otimes e^1 \otimes e_1.$$

5. Дан метрический тензор $G = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 5 \end{pmatrix}$ и тензор

$$T = 2e^2 \otimes e_1 \otimes e_2 - 3e^1 \otimes e_1 \otimes e_2 - 9e^1 \otimes e_2 \otimes e_1.$$

1) Опустить первый верхний индекс на первое место внизу;

2) Поднять нижний индекс на второе место вверх;

3) 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

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	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 http://www.mccme.ru/	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	http://www.eqworld.ipmnet.ru/	Учебно-образовательная физико-математическая библиотека, содержащая DjVu- и PDF-файлы учебников
4	http://www.mathnet.ru/	3 Общероссийский математический портал
5	http://www.biblioclub.ru/	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека – online»: специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а также содержит материалы по точным и естественным наукам

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

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
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)	53,8
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		9,8	[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		17	[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		10	[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		17	[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
	Всего часов:	18	36		53,8			

Рейтинг – план дисциплины

Векторный и тензорный анализ

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность 03.03.02 Физикакурс 3, семестр 5

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