


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  / Хабидуллин Б.Н.

Согласовано:
Председатель УМК факультета /института

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Векторный и тензорный анализ

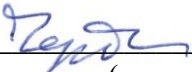
обязательная

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки
Цифровые технологии обработки информации

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: 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. **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 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. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)* 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:

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<i>ОПК-1 – Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</i>	<i>ОПК-1.1. 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-1.2. 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-1.3. Умение решать задачи.</i>	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач.

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
<i>ОПК-2 – способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять</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

<i>экспериментальные данные.</i>		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.

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 03.03.03 «Радиофизика».

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

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-1 – Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ОПК-1.1. 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-1.2. 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-1.3. Умение решать задачи	Владеть: способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач	Отсутствие владения или фрагментарное владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью соединять теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных

	для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.	задач для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.	задач для выработки в последующем понимания ключевых аспектов и концепций в области их специализации.
--	---	---	---

Код и формулировка компетенции

ОПК-2 - способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

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 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.
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	Владеть: способностью соединять	Отсутствие владения	В целом успешное, но содержащее отдельные

решать задачи.	теоретические знания с практическими навыками при решении учебно-тренировочных задач с целью в последующем использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики.	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.	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.
----------------	---	---	---

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-1.1. 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-1.2. 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	Индивидуальный, групповой опрос; практическое задание	

	ортогональных криволинейных системах координат.		
ОПК-1.3. 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-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

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, 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) $A = e^1 \otimes e^2 + e^2 \otimes e^3 + e^2 \otimes e^2 \in T_2^0(V)$,
 $B = e^1 \otimes e^1 \otimes (e^3 - e^3) \in T_3^0(V)$, $v_1 = e_1, v_2 = e_1 + e_2, v_3 = e_2 + e_3, v_4 = v_5 = e_2$;
 - 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:
 $t_{i',j'}^{k'}$ 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:
 $t_{i',j'}^{k'n'}$ 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
 $(e_{1'}, e_{2'}, e_{3'}) = (e_1, e_2, e_3) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$.
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 вниз;
 - 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, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	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 материалов 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)	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		4	[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.	<p>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.</p>	6	12		5	<p>[2]: гл.6, §3-5; [4]: гл.3, §13-15; [6]: гл.6, §1-3.</p>	<p>[2]: гл.6, №6.1.1-6.1.8, 6.2.1-6.2.3, 6.3.1-6.3.3.</p>	<p>Проверка домашних заданий, опрос теоретического материала, контрольная работа</p>
	Всего часов:	18	36		17,8			

Рейтинг – план дисциплины

Векторный и тензорный анализ

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность 03.03.03 Радиофизикакурс 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