


Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета инженерно-физического
факультета высоких технологий
от 24 июня 2023 г., протокол № 10

Председатель _____ /В.В.Рыбин/
(подпись)

24 июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	<u>Векторный и тензорный анализ</u>
Факультет	ИФФВТ
Кафедра:	<u>Радиофизики и электроники</u>
Курс	<u>2</u>

Направление (специальность) 030303 Радиофизика __
код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация)

Твердотельная электроника и нанoeлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «1» сентября 2023г.


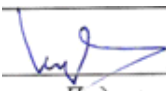
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 ____ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 ____ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20 ____ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Саенко В.В.,	Теоретической физики	Доцент, к.ф.-м.н.

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой
 _____ /Учайкин В.В._____/	 _____ /Гурин Н.Т._____/
Подпись _____ «16» 06 2023 г	Подпись _____ «16» 06 2023 г

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цели освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» является формирование понимания сущности теории дифференциальных операций над векторными и тензорными полями как фундаментальной науки, освоение ее основных понятий и идей, овладение методами и навыками в области векторного и тензорного анализа и его приложений к физическим и техническим задачам.

Задачи освоения дисциплины:

Изучение студентами методов фундаментальных разделов векторного и тензорного анализа, необходимых для осуществления научно-исследовательской и научно-инновационной деятельности. Овладение математическим аппаратом физики и навыками проведения математических вычислений с векторными и тензорными полями в прямоугольных и криволинейных ортогональных системах координат. Студенты должны знать основные алгебраические и дифференциальные свойства тензорных полей и овладеть навыками работы с ними в произвольных координатах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные понятия и теоремы векторного и тензорного анализа; • основные определения теории векторных и тензорных полей; • основные методы дифференциального анализа векторных и тензорных полей; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • уметь применять методы векторного и тензорного анализа при решении физических задач; • находить явные выражения для основных дифференциальных операций над скалярными, векторными и тензорными полями; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Опытном вычисления градиента, дивергенции, ротора и лапласиана в ортогональных координатах; • Навыками нахождения скалярных и векторных потенциалов полей;


ОПК – 1 способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> Знать: основные методы работы с векторными и тензорными полями в произвольных координатах; вычислительные методы исследования векторных и тензорных полей. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> применять методы векторного и тензорного анализа в произвольных координатах; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> Владеть навыками использования аппарата векторного и тензорного анализа для решения физических задач.
--	--

4.ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 3 ЗЕТ

4.2. по видам учебной работы (в часах)

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)			
	Всего по плану	В том числе по семестрам		
		3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем	54	54		
Аудиторные занятия:	54	54		
лекции	18	18		
Практические и семинарские занятия	36	36		
Лабораторные работы				
Самостоятельная работа	54	54		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контрольная работа, коллоквиум, реферат и др.(не менее 2 видов)	-			
Курсовая работа				
Виды промежуточного	зачет	зачет		


Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

контроля (экзамен, зачет)				
Всего часов по дисциплине	108	108		

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения – очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции	Практические занятия, семинар	Лабораторная работа			
Раздел 1. Основы векторного анализа							
1. Понятие скалярного поля.	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
2. Дивергенция и ротор векторного поля	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
3. Потенциальные и соленоидальные поля	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
4. Криволинейные ортогональные системы координат	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
5. Основные операции в криволинейных координатах	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
Раздел 2. Основы тензорного анализа							
6. Тензоры в аффинном пространстве	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
7. Тензоры в метрическом пространстве	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
8. Ковариантное дифференцирование векторов	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка

Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

							решения задач
Раздел 4. Тензорный анализ.							
9. Тензоры в Римановом пространстве	12	2	4		0	6	устный опрос, проверка решения задач
ИТОГО	108	18	36		0	45	

5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Раздел 1. Основы векторного анализа.

Тема 1. Скалярные поля.

Скалярные поля. Поверхности уровня. Производная по направлению. Градиент скалярного поля и его физический смысл. Симметрии скалярного поля.

Тема 2. Дивергенция и ротор векторного поля.

Уравнения для векторных линий и векторных трубок векторного поля. Поток и дивергенция векторного поля. Векторная запись теоремы Остроградского-Гаусса. Циркуляция и ротор векторного поля. Векторная запись теоремы Стокса.

Тема 3. Потенциальные и соленоидальные поля.

Потенциальное векторное поле. Соленоидальное (вихревое) векторное поле. Первая и вторая кинематические теоремы (теоремы Гельмгольца). Лапласово поле. Основная теорема векторного анализа. Действия с оператором Гамильтона и дифференциальные операции второго порядка.

Тема 4. Криволинейные ортогональные системы координат.

Криволинейные ортогональные системы координат. Понятие локального базиса. Коэффициенты Ламэ. Элементарная длина, элементарная площадь и элементарный объем в криволинейных координатах. Цилиндрическая и сферическая системы координат.


Тема 5. Основные операции в криволинейных координатах

Градиент скалярного поля в криволинейных координатах. Пример цилиндрической и сферической систем координат. Дивергенция векторного поля в криволинейных координатах. Оператор Лапласа в криволинейных координатах. Ротор векторного поля в криволинейных координатах.

Раздел 2. Тензорный анализ.

Тема 6. Тензоры в аффинном пространстве.

Аффинное пространство. Аксиоматика. Аффинная координатная система. Преобразование аффинного репера. Ковариантные тензора в аффинном пространстве. Понятие сопряженного базиса аффинного пространства. Взаимный

Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

базис. Контрвариантные тензора в аффинном пространстве. Общее определение тензора. Алгебра тензоров в аффинном пространстве. Обобщенные символы Кронекера

Тема 7. Тензоры в метрическом пространстве.

Евклидово пространство. Метрика пространства. Сигнатура пространства. Тензорные операции в евклидовом пространстве. Криволинейные координаты в аффинных и евклидовых пространствах. Операции опускания и поднимания индексов. Параллельный перенос вектора в евклидовом пространстве.

Тема 8. Ковариантное дифференцирование тензоров.

Коэффициенты связности. Символы Кристоффеля. Ковариантное дифференцирование. Ковариантная производная тензора произвольной валентности.

Тема 9. Тензоры в Римановом пространстве.

Физические компоненты векторов. Поливекторы. Операторы дивергенции, градиента, ротора и лапласиан в общих криволинейных координатах. Уравнения Максвелла.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Скалярные поля.
2. Дивергенция и ротор векторного поля.
3. Потенциальные и соленоидальные поля.
4. Криволинейные ортогональные системы координат.
5. Основные операции в криволинейных координатах
6. Тензоры в аффинном пространстве.
7. Тензоры в метрическом пространстве.
8. Ковариантное дифференцирование тензоров.
9. Тензоры в Римановом пространстве.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)


Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Курсовые, контрольные работы, рефераты не предусмотрены учебным планом.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Скалярные поля. Поверхности уровня.
2. Производная по направлению.
3. Градиент скалярного поля и его физический смысл.
4. Симметрии скалярного поля.
5. Определение векторного поля. Уравнения для векторных линий и векторных трубок векторного поля.
6. Поток векторного поля.
7. Дивергенция векторного поля. Векторная запись теоремы Остроградского-Гаусса.
8. Циркуляция и ротор векторного поля. Векторная запись теоремы Стокса.


Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

9. Потенциальное векторное поле.
10. Соленоидальное (вихревое) векторное поле. Первая и вторая кинематические теоремы (теоремы Гельмгольца).
11. Лапласово поле. Основная теорема векторного анализа.
12. Действия с оператором Гамильтона и дифференциальные операции второго порядка.
13. Криволинейные ортогональные системы координат. Понятие локального базиса. Коэффициенты Ламэ. Элементарная длина, элементарная площадь и элементарный объем в криволинейных координатах. Цилиндрическая и сферическая системы координат.
14. Градиент скалярного поля в криволинейных координатах.
15. Дивергенция векторного поля в криволинейных координатах.
16. Оператор Лапласа в криволинейных координатах.
17. Ротор векторного поля в криволинейных координатах.
18. Аффинное пространство. Аксиоматика.
19. Аффинная координатная система.
20. Преобразование аффинного репера.
21. Ковариантные тензора в аффинном пространстве. Понятие сопряженного базиса аффинного пространства. Взаимный базис.
22. Контрвариантные тензора в аффинном пространстве.
23. Общее определение тензора.
24. Алгебра тензоров в аффинном пространстве.
25. Обобщенные символы Кронекера
26. Евклидово пространство. Метрика пространства. Сигнатура пространства.
27. Тензорные операции в евклидовом пространстве.
28. Криволинейные координаты в аффинных и евклидовых пространствах. Операции опускания и поднимания индексов.
29. Параллельный перенос вектора в евклидовом пространстве.
30. Коэффициенты связности.
31. Символы Кристоффеля.
32. Ковариантное дифференцирование. Ковариантная производная тензора произвольной валентности.
33. Физические компоненты векторов.
34. Поливекторы.
35. Операторы дивергенции, градиента, ротора и лапласиан в общих криволинейных координатах.
36. Уравнения Максвелла.


10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения Очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала,	Объем в часах	Форма контроля
-------------------------	---	---------------	----------------

Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

	<i>решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</i>		<i>(проверка решения задач, реферата и др.)</i>
Скалярные поля.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Дивергенция и ротор векторного поля.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Потенциальные и соленоидальные поля.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Криволинейные ортогональные системы координат.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Основные операции в криволинейных координатах	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Тензоры в аффинном пространстве.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Тензоры в метрическом пространстве.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Ковариантное дифференцирование тензоров.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач
Тензоры в Римановом пространстве.	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к контрольной работе, подготовка к сдаче зачета.	6	устный опрос, проверка решения задач

Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


а) Список рекомендуемой литературы

основная литература:

1. Мусин, Ю. Р. Тензорный анализ. Вводный курс с приложениями к анализу и геометрии : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Мусин. - 2-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 184 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/515095>
2. Позднякова, Т. А. Математика. Интегральное исчисление функций нескольких переменных. Элементы векторного анализа : учебное пособие / Т. А. Позднякова, А. Н. Ботвич. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. — 113 с. — ISBN 978-5-7638-3920-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/84228.html>
3. Тензорный анализ и дифференциальная геометрия : учебное пособие / И. В. Киреев, Л. В. Кнауб, Д. В. Левчук, Я. Н. Нужин. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. — 102 с. — ISBN 978-5-7638-3622-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/84148.html>

дополнительная:


1. Мишачев, Н. М. Дифференциальная геометрия и тензорный анализ : задания к типовому расчету / Н. М. Мишачев, В. М. Тюрин. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 17 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/22865.html>
2. Ермолаев, Ю. Д. Типовой расчет по векторному анализу : сетевое обновляемое электронное учебное пособие / Ю. Д. Ермолаев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 126 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/51434.html>
3. Назарова, Т. М. Основы векторного анализа : учебное пособие / Т. М. Назарова, В. В. Хаблов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 56 с. — ISBN 978-5-7782-2834-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91661.html>
4. Векторный и тензорный анализ : учебное пособие / составители В. А. Кыров, Г. Г. Михайличенко. — Горно-Алтайск : ГАГУ, 2019. — 60 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159334>
5. Волкова, В. И. Векторный и тензорный анализ : учебное пособие (курс лекций) / В. И. Волкова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. — 138 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92535.html>
6. Гордиенко, А. Б. Основы векторного и тензорного анализа : учебное пособие / А. Б. Гордиенко, М. Л. Золотарев, Н. Г. Кравченко. — Кемерово : КемГУ, 2009. — 131 с. — ISBN 978-5-89428-461-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/30131>
7. Малышев, А. И. Основы векторного и тензорного анализа для физиков : учебно-методическое пособие / А. И. Малышев, Г. М. Максимова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. — 101 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153472>

Министерство образования и науки РФ ФГБОУВПО Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»		

учебно-методическая:

1. Щиголов В. К. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» для студентов 2 курса инженерно-физического факультета высоких технологий всех форм обучения / УлГУ, ИФФВТ. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 730 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный.- URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8317>

Согласовано:

Ведущий специалист ООП НБ УлГУ / Чамеева А.Ф. /  / _____ 2023 г. _____

(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

б) программное обеспечение

Программное обеспечение не предусмотрено учебным планом.

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2023].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. **Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. –

