МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«_4_» _____ 20_21_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.О.14.05 Векторный и тензорный анализ

Направление подготовки/ специальность 03.03.02 Физика

Направленность (профиль)/ специализация Фундаментальная физика

Фома обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 784646E3066E8274355AC2198BDD2E1D
Владелец: Хагуров Темыр Айтечевич
Действителен: с 25.07.2022 до 18.10.2023

Рабочая программа дисциплины Б1.О.14.05 Векторный и тензорный анализ, составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки/ специальности 03.03.02 Физика

Программу составил(и):
А. А. Мартынов, доцент кафедры теоретической физики и компьютерных технологий,
кандидат физ.-мат. наук _____
подпись

Рабочая программа дисциплины Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий
протокол № 8 от «16» апреля 2021 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) В.А. Исаев _____
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол №13 «16» апреля 2021 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М. _____
подпись

Рецензенты:

Г.Ф. Копытов, заведующий кафедрой радиофизики и нанотехноогий КубГУ, доктор физико-математических наук, профессор

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон»
кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Векторный и тензорный анализ» ставит своей целью формирование представлений и навыков работы с математическими объектами векторного и тензорного характера, которые составляют основу инвариантного математического аппарата, широко используемого как в общей так и в теоретической физике: Теоретической механике, Электродинамике, Теории упругости, Механике сплошных сред, Специальной теории относительности, Общей теории относительности, Теории волн и ряда других физических теорий. Базовый характер аппарата векторного и тензорного анализа обусловлен естественной классификацией физических величин (скаляр, вектор, тензор), которая дается в рамках этого аппарата вне зависимости от их физического содержания.

1.2 Задачи дисциплины – изучение основных понятий векторного и тензорного анализа и овладение практическими навыками работы с математическим аппаратом векторного и тензорного анализа.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «**Векторный и тензорный анализ**» входит в базовую часть цикла общепрофессиональных дисциплин базового учебного плана по направлению подготовки бакалавриата 03.03.02 Физика.

Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть обязательным минимумом содержания основных образовательных программ по математике (аналитическая геометрия, линейная алгебра, включая математический анализ).

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующей компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ООП по данному направлению подготовки (специальности):

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1.	ОПК-1	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	основы векторного и тензорного анализа (определения скаляра, вектора и тензора; дифференциальные операции первого порядка (градиент, дивергенция, ротор), а так же дифференциальные операции второго порядка для скалярного и векторного полей	использовать математический аппарат векторного и тензорного анализа для освоения теоретических основ и практического использования в современной физике	практическими навыками использования векторного и тензорного анализа для решения физических задач

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			3	
Контактная работа, в том числе:		**72,2**	**72,2**	
Аудиторные занятия (всего):		**64**	**64**	
Занятия лекционного типа		32	32	-
Лабораторные занятия		-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		32	32	-
Иная контактная работа:		**8,2**	**8,2**	
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8	8	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	
Самостоятельная работа, в том числе:		**71,8**	**71,8**	
Проработка учебного (теоретического) материала		40	40	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		31,8	31,8	-
Общая трудоемкость	**час.**	**144**	**144**	**-**
	в том числе контактная работа	**72,2**	**72,2**	
	зач. ед.	**4**	**4**	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре *(очная форма)*

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛЗ	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Векторный анализ в декартовых координатах	40	10	10	-	20
2.	Векторный анализ в криволинейных координатах	30	10	10	-	10
3.	Ортогональные тензоры	36	8	8	-	20
4.	Элементы теории групп	29,8	4	4	-	21,8
	Итого по дисциплине:		**32**	**32**	-	71,8

2.3Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Векторный анализ в декартовых координатах	Скалярное поле. Производная по направлению. Градиент скалярного поля. Дифференциально-векторный оператор Гамильтона (оператор “набла”). Векторное поле. Потен-	Ответы на контрольные вопросы и задания.

		циальное векторное поле. Поток векторного поля. Теорема Гаусса - Остроградского. Дивергенция векторного поля, ее инвариантное определение и физический смысл. Соленоидальное векторное поле. Циркуляция векторного поля. Теорема Стокса. Ротор векторного поля, его инвариантное определение и физический смысл. Признаки потенциальности и соленоидальности векторных полей. Произвольное векторное поле как суперпозиция потенциального и векторного полей. Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа. Первая и вторая формулы Грина. Использование аппарата векторного анализа на примере уравнений Максвелла для электромагнитного поля, уравнений Лапласа и Пуассона для электростатического потенциала, уравнения теплопроводности в пространстве и уравнения неразрывности.	
2.	Векторный анализ в криволинейных координатах	Криволинейные координаты в пространстве. Координатные поверхности и координатные линии. Допустимые преобразования координат и их свойства. Основной базис в криволинейных координатах. Коэффициенты Ламе. Взаимный базис в криволинейных координатах. Разложение вектора по основному и взаимному базису. Ковариантные и контравариантные компоненты вектора. Криволинейные ортогональные координаты. Основные дифференциальные операции (градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа) в криволинейных ортогональных координатах.	Ответы на контрольные вопросы
3.	Ортогональные тензоры	Ортогональный тензор второго ранга в трехмерном пространстве. Алгебра тензоров: сложение и умножение тензоров, умножение тензора на вектор, разложение тензора на симметричную и антисимметричную части. Симметричные тензоры и тензорный эллипсоид. Главные оси и главные значения симметричного тензора. Инварианты тензора. Диадное и аксиальное представления вещественного симметричного тензора второго ранга. Антисимметричный тензор второго ранга дуальный вектору. Тензор Леви-Чевиты. Метрический тензор и его свойства; расстояние в трехмерном евклидовом пространстве. Использование тензоров в теоретической физике: тензоры в классической механике; тензор деформаций и тензор напряжений в теории упругости; тензоры	Ответы на контрольные вопросы

		диэлектрической и магнитной проницаемостей среды; тензор электромагнитного поля в электродинамике.	
4.	Элементы теории групп	Элементы абстрактной теории групп. Преобразования симметрии кристаллов; точечные кристаллографические группы. Ортогональная группа преобразований.	Ответы на контрольные вопросы и задания

2.3.2 Занятия семинарского типа

Варианты практических заданий берутся из учебника: Рыков В.Т. Векторный и тензорный анализ [Текст] : учебное пособие студентов вузов / В. Т. Рыков ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [КубГУ], 2008. - 98 с.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Векторный анализ в декартовых координатах	Решение задач по темам: скалярные и векторные поля; градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа в декартовых координатах.	Контрольная работа
2.	Векторный анализ в криволинейных координатах	Решение задач по темам: скалярные и векторные поля; градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа в криволинейных ортогональных координатах.	Ответы на контрольные вопросы и задания
3.	Ортогональные тензоры	Решение задач по темам: алгебра тензоров (сложение, умножение тензора на вектор, разложение тензора на симметричную и антисимметричную части); приведение симметричного тензора второго ранга к диагональной форме; собственные векторы и собственные значения симметричного вещественного тензора второго ранга; метрический тензор; тензор Леви-Чевиты.	Ответы на контрольные вопросы и задания
4.	Элементы теории групп	Решение задач по темам: матричное и инвариантное представления тензоров второго ранга, определяющих повороты вокруг заданной оси, отражение в заданной плоскости и проектирование на заданное направление.	Ответы на контрольные вопросы и задания

2.3.3 Лабораторные занятия

По дисциплине «**Векторный и тензорный анализ**» лабораторные занятия не планируются.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Разделы 1 – 4.	1. Гордиенко А.Б Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009. - 133 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488 2. Горлач Б.А. Тензорная алгебра и тензорный анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.А. Горлач. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 160 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/56160. 3. Рыков В.Т. Векторный и тензорный анализ [Текст] : учебное пособие студентов вузов / В. Т. Рыков ; М-во образования и науки Рос. Федерации; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [КубГУ], 2008. - 98 с.

3. Образовательные технологии

Для проведения меньшей части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемой профессии, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Большая часть лекций и практические занятия проводятся с использованием доски и справочных материалов.

По дисциплине проводятся двухчасовые лекционно-практические занятия. При этом в каждом модуле проводятся практические занятия, посвященные решению типовых задач. В процессе практических занятий проводится обсуждение и разбор решений прикладных задач.

Такой инновационный подход позволил внедрить в процесс преподавания учебной дисциплины «Векторный и тензорный анализ» новые средства, формы и активные прогрессивные методы обучения. Используемые технологии способствуют реализации студентами своего личностного, познавательного и творческого потенциала и выполнению учебных и учебно-исследовательских работ по личным траекториям.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль:

– проверка домашних заданий по семинарским занятиям;

– контрольные вопросы по разделам учебной программы;

– реферат;

– презентация по теме реферата;

– внутрисеместровая аттестация.

Итоговый контроль:

–зачет.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Текущий контроль усвоения материала домашних практических заданий проводится преподавателем устно в форме беседы. Оценка – по 5-ти балльной системе.

4.1.1 Темы рефератов:

1. Системы криволинейных координат.
2. Тороидальная система координат. Лапласиан скалярной функции.
3. Трёхмерные параболические координаты. Лапласиан скалярной функции.

4. Эллипсоидальные координаты. Лапласиан скалярной функции.
5. Параболоидальные координаты. Лапласиан скалярной функции.
6. Бицилиндрические координаты. Лапласиан скалярной функции.
7. Биполярные координаты. Лапласиан скалярной функции.
8. Параболические координаты. Лапласиан скалярной функции.
9. Конические координаты. Лапласиан скалярной функции.
10. Координаты эллиптического цилиндра. Лапласиан скалярной функции.
11. Координаты параболического цилиндра. Лапласиан скалярной функции.
12. Тороидальная система координат. Градиент скалярной функции.
13. Трёхмерные параболические координаты. Градиент скалярной функции.
14. Эллипсоидальные координаты. Градиент скалярной функции.
15. Параболоидальные координаты. Градиент скалярной функции.
16. Бицилиндрические координаты. Градиент скалярной функции.
17. Биполярные координаты. Градиент скалярной функции.
18. Параболические координаты. Градиент скалярной функции.
19. Конические координаты. Градиент скалярной функции.
20. Координаты эллиптического цилиндра. Лапласиан скалярной функции.
21. Координаты параболического цилиндра. Лапласиан скалярной функции.
22. Группа перестановок.
23. Группа Матье.
24. Преобразования пространства.
25. Точечные группы симметрии.
26. Приводимые и неприводимые представления
27. Умножение операций симметрии
28. Генераторы точечных групп.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Примеры вопросов для подготовки к зачету

Векторный анализ в декартовых координатах

1. Скалярное поле. Поверхности уровня.
2. Производная по направлению, градиент скалярного поля в декартовых координатах и связь между ними.
3. Дифференциально-векторный оператор Гамильтона (оператор “набла”).
4. Векторное поле. Потенциальное векторное поле.
5. Поток векторного поля. Теорема Гаусса - Остроградского.
6. Дивергенция векторного поля в декартовых координатах, ее инвариантное определение и физический смысл. Соленоидальное векторное поле.
7. Циркуляция векторного поля. Теорема Стокса.
8. Ротор векторного поля в декартовых координатах, его инвариантное определение и физический смысл.
9. Признаки потенциальности и соленоидальности векторных полей.
10. Произвольное векторное поле как суперпозиция потенциального и соленоидального полей.
11. Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа. Первая и вторая формулы Грина.

Векторный анализ в криволинейных координатах

12. Криволинейные координаты в пространстве. Координатные поверхности и координатные линии.
13. Допустимые преобразования координат и их свойства.
14. Основной базис в криволинейных координатах.
15. Коэффициенты Ламэ.
16. Взаимный базис в криволинейных координатах.

17. Разложение вектора по основному и взаимному базису. Ковариантные и контравариантные компоненты вектора.
18. Криволинейные ортогональные координаты.
19. Градиент в криволинейных ортогональных координатах.
20. Дивергенция в криволинейных ортогональных координатах.
21. Ротор в криволинейных ортогональных координатах.
22. Оператор Лапласа в криволинейных ортогональных координатах.

Ортогональные тензоры

23. Ортогональный тензор второго ранга в трехмерном пространстве.
24. Алгебра тензоров: сложение и умножение тензоров, умножение тензора на вектор, разложение тензора на симметричную и антисимметричную части.
25. Симметричные тензоры и тензорный эллипсоид.
26. Главные оси, главные значения и инварианты симметричного тензора.
27. Диадное и аксиальное представления вещественного симметричного тензора второго ранга.
28. Антисимметричный тензор второго ранга дуальный вектору, тензор Леви-Чивиты.
29. Фундаментальный тензор и его свойства.
30. Расстояние в трехмерном евклидовом пространстве.

Элементы теории групп

31. Группа, преобразования симметрии кристаллов, точечные кристаллографические группы.
32. Ортогональная группа преобразований.

Зачет проводится устно по билетам, состоящим из двух теоретических вопросов и одной задачи.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка «не зачтено» выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- поверхностное знание теоретического материала;
- незнание основных законов, понятий и терминов учебной дисциплины, неверное оперирование ими;
- грубые стилистические и речевые ошибки.

Оценка «зачтено» ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объёме, необходимом для предстоящей учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;
- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации

в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Гордиенко А.Б. Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие / А.Б. Гордиенко, М.Л. Золотарев, Н.Г. Кравченко. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009. - 133 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488.

2. Горлач Б.А. Тензорная алгебра и тензорный анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.А. Горлач. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 160 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/56160.

5.2 Дополнительная литература:

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. - 5-е изд. - Москва: Физматлит, 2010. – 560 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83224.

2. Игнаточкина Л.А. Руководство к решению задач по тензорной алгебре векторных пространств: учебное пособие / Л.А. Игнаточкина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский педагогический государственный университет». - Москва: МПГУ, 2014. - 64 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id= 274983.

3. Рыков В.Т. Векторный и тензорный анализ [Текст] : учебное пособие студентов вузов / В. Т. Рыков ; М-во образования и науки Рос. Федерации; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [КубГУ], 2008. - 98 с.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия.
2. Журнал прикладной механики и технической физики.
3. Журнал технической физики.
4. Известия ВУЗов. Серия: Физика.
5. Инженерная физика.
6. Успехи физических наук.
7. Физика. Реферативный журнал. ВИНИТИ.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Журнал: Современная электроника www.soel.ru
2. Журнал «Техника Связи» — производственный технический журнал, освещает все аспекты телекоммуникаций и связи:

http://www.t-sv.ru/ozhurnale.html

3. Сайт интерактивной поддержки проведения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине: http://www.adcomlogod.narod.ru

4. http://ntb.tti.sfedu.ru/(сайт научно-технической библиотеки ТТИ ЮФУ);
5. http://elibrary.ru/ (сайт научной электронной библиотеки);
6. http://www.exponenta.ru/ (образовательный математический сайт);
7. http://www.i-exam.ru/ (сайт Научно-исследовательского института мониторинга качества образования, г. Йошкар-Ола).

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов отводится 37% времени от общей трудоемкости дисциплины. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов дисциплины:

- выполнение домашних заданий по практическим занятиям;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых посредствам изучения рекомендуемой литературы.
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

Не предусмотрено.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Средства мультимедийной обучающей лаборатории:
– компьютерный класс;
– техническое обеспечение: персональные компьютеры.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

Не предусмотрено.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 211 С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитории 144 С оснащены магнитно-маркерными досками.
3.	Самостоятельная работа	Аудитория 144 С оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.