

Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры
"Сургутский государственный университет"



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

Е.В. Коновалова

20 июня 2019 г., протокол УС №6

МОДУЛЬ "МАТЕМАТИКА"
Векторный и тензорный анализ
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Экспериментальной физики**

Учебный план b030302-ЦифрТех-19-1.plx
 03.03.02 ФИЗИКА
 Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108
в том числе:
аудиторные занятия 48
самостоятельная работа 60

Виды контроля в семестрах:
зачеты 3

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	уп	рпд	уп	рпд
Лекции	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	60	60	60	60
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

преподаватель, Терещенко Владимир Владимирович



Рабочая программа дисциплины

Векторный и тензорный анализ

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014г. №937)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 ФИЗИКА

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учёным советом вуза от 20 июня 2019 г., протокол УС №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Экспериментальной физики

Протокол от 17 05 2019 г. № 03/10

Срок действия программы: - уч.г.

Зав. кафедрой профессор Ельников Андрей Владимирович



Председатель УМС *к.т.н., доцент Тараканов Д.В.*

07 06 2019 г. ✓06/19



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Формирование у учащихся фундаментальных теоретических знаний и практических навыков по основным разделам математического анализа. Изучение методов и приложений математического анализа для решения задач физики. Повышение математической культуры у студентов до уровня, необходимого для изучения физико-математических дисциплин ОП ВО по направлению подготовки 03.03.02 "Физика", а также позволяющего работать с научно-производственной литературой по профессии и решать конкретные теоретические и прикладные задачи
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.Б.04
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Математический анализ
2.1.2	Теория функций комплексного переменного
2.1.3	Линейная алгебра
2.1.4	Модуль "Математика"
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Теоретическая механика
2.2.2	Линейные и нелинейные уравнения физики
2.2.3	Электродинамика
2.2.4	Квантовая теория
2.2.5	Модуль "Теоретическая физика"
2.2.6	Атомная физика
2.2.7	Физика атомного ядра и элементарных частиц
2.2.8	Модуль "Методы математической физики"

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОК-6: способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия

ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	- основные понятия векторного и тензорного анализа
3.1.2	- физические аспекты использования дифференциальной геометрии, границы ее применимости и методы решения конкретных задач
3.2	Уметь:
3.2.1	- самостоятельно подобрать необходимую замену координат, применять теоремы дифференциальной геометрии
3.2.2	- анализировать литературу на предмет поиска правильного метода решения поставленной задачи
3.2.3	- применять методы тензорного анализа при изучении других дисциплин и при решении задач в профессиональной деятельности
3.2.4	- работать в коллективе, учитывая конфессиональные и культурные различия
3.3	Владеть:
3.3.1	- навыками применения теории дифференциальной геометрии в прикладных задачах; их решения, а так же анализа полученного результата

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Основные понятия векторного анализа						
1.1	Понятие вектора. Основные операции с векторами. /Лек/	3	2	ОК-6	Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1 Э4 Э7	0	Устный опрос
1.2	Решение задач на операции с векторами. /Пр/	3	6	ОК-6 ОК-7	Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.1 Э1 Э2	0	Проверка практической работы
1.3	Основные понятия векторного анализа. Основные операции с векторами	3	12	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	0	Подготовка практического задания
	Раздел 2. Основные теоремы тензорного анализа						
2.1	Понятие тензора. Основные тензорные операции. /Лек/	3	4	ОК-6 ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э4 Э7	0	Устный опрос
2.2	Свертка тензоров. Поднимание и опускание индексов. /Пр/	3	6	ОК-6 ОК-7	Л1.4Л2.1	0	Проверка практической работы
2.3	Основные теоремы тензорного анализа. Свертка тензоров. Поднимание и опускание индексов. /Ср/	3	12	ОК-7 ОПК-2	Л1.4Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	0	Подготовка практического задания
	Раздел 3. Векторный анализ в криволинейных координатах						
3.1	Криволинейные системы координат. /Лек/	3	2	ОК-7	Л1.2 Л1.4Л2.1 Э1 Э4 Э7	0	Устный опрос
3.2	Скалярное произведение в криволинейной системе координат. Преобразование компонент вектора. /Пр/	3	6	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.2 Л1.4Л2.2Л3.1	0	Проверка практической работы
3.3	Векторный анализ в криволинейных координатах. Скалярное произведение в криволинейной системе координат. Преобразование компонент вектора. /Ср/	3	12	ОК-7 ОПК-2	Л1.2Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	0	Подготовка практического задания
	Раздел 4. Общее определение						
4.1	Основной и взаимный базис. метрические коэффициенты и метрический тензор.Символ Леви-Чевиты, Символ Кронеккера. /Лек/	3	4	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.3 Э1 Э4 Э7	0	Устный опрос
4.2	Вычисление метрических коэффициентов. /Пр/	3	6	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.3	0	Проверка практической работы
4.3	Общее определение тензора. Вычисление метрических коэффициентов. /Ср/	3	12	ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2 Э3 Э5 Э7	0	Подготовка практического задания
	Раздел 5. Ковариантное дифференцирование и метрика						
5.1	Понятие связности. Символы Кристофеля. /Лек/	3	4	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.3Л2.2 Э1 Э4 Э7	0	Устный опрос
5.2	Вычисление символов Кристофеля. ковариантная производная. /Пр/	3	8	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.3Л2.2 Э2	0	Проверка практической работы
5.3	Ковариантное дифференцирование и метрика. Вычисление символов Кристофеля. ковариантная производная. /Ср/	3	12	ОК-6 ОК-7	Л1.1 Л1.3Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э7	0	Подготовка практического задания

	Раздел 6. Зачет						
6.1	/Зачёт/	3	0	ОК-6 ОК-7 ОПК-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2	0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Представлены в Приложении 1

5.2. Темы письменных работ

Представлены в Приложении 1

5.3. Фонд оценочных средств

Представлены в Приложении 1

5.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы для устного опроса
практические задания

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Сокольников И. С.	Тензорный анализ: теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред	М.: URSS, 2007	10
Л1.2	Петрушко И. М., Гуличев Н. В., Попов Л. Г., Янченко А. Я.	Курс высшей математики. Краткие интегралы. Векторный анализ: лекции и практикум	СПб. [и др.]: Лань, 2008	7
Л1.3	Горлач Б. А.	Тензорная алгебра и тензорный анализ	Москва: Лань", 2015, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56160	1
Л1.4	Мишачев Н. М., Тюрин В. М.	Дифференциальная геометрия и тензорный анализ: Задания к типовому расчету	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013, http://www.iprbookshop.ru/22865	1

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И.	Векторный анализ: задачи и примеры с подробными решениями	М.: URSS, 2009	15
Л2.2	Димитриенко Ю. И.	Нелинейная механика сплошной среды: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по физико-математическим и машиностроительным специальностям	М.: Физматлит, 2009	10

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Манина Е. А., Шадрин Г. А.	Обработка результатов измерений физического практикума: учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей	Сургут: Издательство СурГУ, 2007	98

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Научная электронная библиотека
Э2	Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента».
Э3	Электронно-библиотечная система IPRbooks
Э4	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
Э5	ЭБС Znanium.com

Э6	крупнейший бесплатный архив электронных публикаций научных статей и их препринтов по физике, математике, астрономии, информатике и биологии
Э7	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России)
6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	Офисный пакет Microsoft Office.
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	http://www.garant.ru/ Информационно-правовой портал Гарант.ру
6.3.2.2	http://www.consultant.ru/ Справочно-правовая система Консультант Плюс

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (доска, экран (стационарный или переносной), портативный проектор):
7.2	Аудитории: А304 (адрес: ул. Энергетиков, 22, СурГУ, корп. А).
7.3	Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:
7.4	Читальные залы Научной библиотеки БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Сургутский государственный университет».
7.5	Адрес: пр. Ленина, 1, г. Сургут, Тюменская обл., 628412, E-mail: lib@surgu.ru

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

--

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**Приложение к рабочей программе по дисциплине
«Векторный и тензорный анализ»**

Квалификация выпускника	бакалавр
Направление подготовки	03.03.02
	«Физика»
Направленность (профиль)	Цифровые технологии в геофизике
Форма обучения	очная
Кафедра-разработчик	Экспериментальной физики
Выпускающая кафедра	Экспериментальной физики

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для
оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения
образовательной программы**

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по
итогам освоения дисциплины, по разделу «Векторный анализ».

Вариант 1.

1. Найти $\text{grad } f(r)$ ($r = |\mathbf{r}|$, $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$), если: $f = (r - r_0)^2$, ($r_0 = \text{const}$).
2. Проверить, является ли поле $\mathbf{F} = (y + z)\mathbf{i} + (x + z)\mathbf{j} + (x + y)\mathbf{k}$ потенциальным, и если да, то найти его потенциал.
3. Найти поток векторного поля $\mathbf{F} = (x^3 + yz)\mathbf{i} + (y^3 + xz)\mathbf{j} + (z^3 + xy)\mathbf{k}$ через поверхность S , S - верхняя сторона полусферы: $x^2 + y^2 + z^2 = 16$, $z \geq 0$.

Вариант 2.

1. Найти $\text{div } \mathbf{a}$, если: $\mathbf{a} = \frac{\mathbf{r}}{r^3}$.
2. Проверить, является ли поле $\mathbf{F} = x(z^2 - y^2)\mathbf{i} + y(x^2 - z^2)\mathbf{j} + z(y^2 - x^2)\mathbf{k}$ соленоидальным, и если да, то найти его векторный потенциал
3. Найти циркуляцию вектора $\mathbf{F} = xy\mathbf{i} + yz\mathbf{j} + xz\mathbf{k}$ вдоль контура L ; $L = \{ (x, y, z) : x^2 + y^2 = 1, x + y + z = 1 \}$ положительно ориентирован на верхней стороне плоскости.

Вариант 3.

1. Найти $\text{rot } \mathbf{a}$, если: $\mathbf{a} = f(r)\mathbf{r}$.
2. Найти работу поля \mathbf{F} вдоль кривой L , если $\mathbf{F} = 2xy\mathbf{i} + y^2\mathbf{j} - x^2\mathbf{k}$ и L есть наименьшая дуга окружности $x^2 + y^2 = 1$ от точки $A = (1, 0)$ до точки $B = (0, 1)$.
3. Вычислить поток жидкости в направлении внешней нормали через часть окружности радиуса R , лежащую в первой четверти, если скорость потока $\mathbf{v} = \{x + y, y\}$.

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, по разделу «Основы тензорного анализа».

Вариант 1.

1. Пусть $(1, x, -y)$ компоненты вектора ξ в прямоугольных координатах. Определить физические компоненты вектора ξ в цилиндрических координатах.
2. Пусть матрица $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ задает компоненты тензора второго ранга T в полярных координатах. Определить компоненты тензора T в прямоугольных координатах если T - тензор типа $(2,0)$.
3. Вектор-потенциал: A^μ , ($A^\mu = (\varphi, \mathbf{A})$); $A^0 = \varphi$ - скалярный потенциал, \mathbf{A} - векторный потенциал). Напряженность электрического поля \mathbf{E} , ($\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \varphi$). Напряженность магнитного поля \mathbf{H} , ($\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$). Найти явное представление компонент тензора электромагнитного поля $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ через компоненты \mathbf{E} и \mathbf{H} .

Вариант 2.

1. Пусть $(x, 0, z)$ компоненты вектора ξ в прямоугольных координатах. Определить физические компоненты вектора ξ в сферических координатах.
2. Пусть матрица $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ задает компоненты тензора второго ранга T в полярных координатах. Определить компоненты тензора T в прямоугольных координатах если T - тензор типа $(1,1)$.
3. Вектор-потенциал: A^μ , ($A^\mu = (\varphi, \mathbf{A})$); $A^0 = \varphi$ - скалярный потенциал, \mathbf{A} - векторный потенциал). Напряженность электрического поля \mathbf{E} , ($\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \varphi$). Напряженность магнитного поля \mathbf{H} , ($\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$). Найти явное представление контравариантных компонент $(F^{\mu\nu})$ тензора электромагнитного поля $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ через компоненты \mathbf{E} и \mathbf{H} .

Вариант 3.

1. Пусть $(1, z, x)$ компоненты ковектора ξ в прямоугольных координатах. Определить физические компоненты ковектора ξ в цилиндрических координатах.

2. Пусть матрица $\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ задает компоненты тензора второго ранга T в полярных координатах. Определить компоненты тензора T в прямоугольных координатах если T - тензор типа $(0,2)$.

3. Вектор-потенциал: A^μ , $(A^\mu = (\varphi, \mathbf{A}))$; $A^0 = \varphi$ - скалярный потенциал, \mathbf{A} - векторный потенциал). Напряженность электрического поля \mathbf{E} , $(\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \varphi)$. Напряженность магнитного поля \mathbf{H} , $(\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A})$. Вычислить свертку $F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$ ($F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$).

Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)

Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»	Вид задания	Проверяемые компетенции
<p><i>Сформулируйте развернутые ответы на следующие теоретические вопросы (сформулировать основные определения, теоремы, свойства; привести доказательства основных теорем, продемонстрировать примеры, при необходимости проиллюстрировать ответ графиками, рисунками):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Скалярные и векторные поля; 2. Градиент; 3. Оператор Набла; 4. Производная по направлению; 5. Дивергенция; 6. Геометрический подход к определению дивергенции; 7. Ротор; 8. Геометрический подход к определению ротора векторного поля; 9. Оператор Лапласа; 10. Циркуляция векторного поля; 11. Поток векторного поля; 12. Теорема Гаусса-Остроградского; 13. Теорема Стокса; 14. Первая и вторая формулы Грина; 15. Потенциальные и соленоидальные векторные 	<p>- теоретический</p>	<p>ОК-7, ОПК-2</p>

поля 16. Определение тензорного поля; 17. Закон преобразования компонент тензоров при преобразовании координат; 18. Физические компоненты тензоров) 20. Тензорное умножение, 21. Свертка, 22. Перестановка индексов; 23. Тензоры в римановом и псевдоримановом пространстве; 24. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах; 25. Символы Кристоффеля; 26. Ковариантное дифференцирование тензоров произвольного ранга; 27. Параллельный перенос векторных полей; 28. Геодезические связности, согласованные с метрикой.		
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет»	Вид задания	Проверяемые компетенции
1. Решение задач о нахождении: градиента; производной по направлению; дивергенции; ротора. 2. Решение задач о нахождении: векторов базиса, коэффициентов Ламе, метрики, градиента, дивергенции, ротора, оператора Лапласа в ортогональных криволинейных координатах. 3. Решение задач о нахождении скалярного и векторного потенциалов.	- практический	ОК-6, ОК-7, ОПК-2

Задание для показателя оценивания дескриптора «Владеет»	Вид задания	Проверяемые компетенции
1. Решение задач об определении компонент тензоров при преобразовании координат. 2. Тензорное умножение, свертка, перестановка индексов. 3. Символы Кристоффеля; ковариантное дифференцирование тензоров произвольного ранга; геодезические; связности согласованные с метрикой.	- практический	ОК-6, ОК-7, ОПК-2

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, описание шкал оценивания

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине

Схема оценивания правильности выполнения контрольной работы (проверка уровня сформированности компетенций ОК-7, ОПК-2):

Тип задания	Критерии оценки	Оценка
Контрольная работа	Задания контрольной работы выполнены в целом верно, но решение может содержать незначительные технические ошибки.	Аттестован
	Не выполнено хотя бы одно из двух заданий контрольной работы.	Не аттестован

Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)

Для проведения промежуточной аттестации рабочим учебным планом предусмотрен зачет, к нему допускаются обучающиеся, успешно прошедшие все формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Зачет оценивается по двухбалльной шкале: **«зачтено»**, **«не зачтено»**. Аттестационное испытание состоит из двух теоретических вопросов и практического задания.

Общая оценка выставляется по следующей схеме оценивания ответа на экзамене.

Критерии оценки ответа на вопросы аттестационного задания.

Проверяемые компетенции	Критерий оценивания	Оценка
ОК-6, ОК-7, ОПК-2,	– ответ полностью раскрывает тему задания; - материал изложен логически последовательно; - задача решена верно или с незначительными ошибками - выполнены все задания текущего контроля	зачтено
	– ответ не раскрывает тему задания; - не владеет изученным материалом - задача не решена или решена неверно - задания текущего контроля не выполнены	не зачтено