

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и
научной работе

Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ВЕКТОРНЫЙ И ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 1 Семестр 2

Экзамен 2 сем

Общая трудоемкость дисциплины 144.0 (академ. час), 4.00 (з.е)

Составитель В.В. Сельвинский, доцент, канд. физ.-мат. наук

Факультет математики и информатики

Кафедра математического анализа и моделирования

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математического анализа и моделирования

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Максимова Н.Н. Максимова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

обеспечение уровня знаний по данной дисциплине в соответствии с требованиями государственного стандарта высшего образования.

Задачи дисциплины:

изучение основных понятий, принципов и методов векторного и тензорного анализа, овладение навыками исследования и решения задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» входит в модуль «Математика» является дисциплиной обязательной части учебного плана образовательной программы.

Математической основой курса являются такие дисциплины, как «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление». Освоение этой дисциплины необходимо для изучения дисциплин модуля «Теоретическая физика».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-1} Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии ИД-2 _{ОПК-1} Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования ИД-3 _{ОПК-1} Владеет навыками теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.00 зачетных единицы, 144.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Векторы	2	10		10								10	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №1
2	Интегралы общего вида	2	10		10								10	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №2
3	Элементы теории поля	2	6		6								10	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №3
4	Элементы тензорного анализа	2	8		8								10	Домашние задания, устный опрос, Индивидуальное задание №4
5	Экзамен	2									0.3	35.7		
	Итого		34.0		34.0		0.0	0.0	0.0	0.3	35.7	40.0		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Векторы	Прямоугольная декартова система координат. Полярная система координат. Сферические и цилиндрические координаты точки. Линейные операции над векторами. Действия над векторами, заданными в координатной форме. Скалярное, векторное, смешанное произведение векторов. Векторные функции в R^3 . Векторная функция одного скалярного аргумента. Кривая. Векторная функция двух скалярных аргументов. Поверхности. Векторная функция трех скалярных аргументов.
2	Интегралы общего вида	Двойной интеграл. Двукратный интеграл. Вычисление двойного интеграла. Замена переменных в двойном интеграле. Вычисление двойного интеграла в полярных координатах. Вычисление площади поверхности. Тройной интеграл. Трехкратный интеграл. Теорема о вычислении тройного интеграла. Замена переменных в тройном интеграле. Тройной интеграл в цилиндрических координатах. Тройной интеграл в сферических координатах.

		Криволинейный интеграл 1-го рода. Криволинейный интеграл второго рода. Вычисление криволинейного интеграла второго рода. Вычисление площади с помощью криволинейного интеграла. Формула Грина. Условие независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования. Поверхностные интегралы 1-го рода. Поверхностные интегралы 2-ого рода. Формула Стокса. Формула Остроградского.
3	Элементы теории поля	Скалярное поле. Производная по направлению. Градиент. Векторное поле. Ориентированная поверхность. Поток векторного поля через ориентированную поверхность. Дивергенция векторного поля. Циркуляция и ротор векторного поля. Потенциальное векторное поле. Оператор Гамильтона.
4	Элементы тензорного анализа	Криволинейная система координат. Ковариантные и контравариантные координаты вектора. Тензоры и алгебраические операции над ними. Метрический и дискриминантный тензоры. Тензоры 2-го ранга. Дифференцирование тензоров.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Векторы	Линейные операции над векторами. Действия над векторами, заданными в координатной форме. Скалярное, векторное, смешанное произведение векторов. Векторные функции в R^3 .
Интегралы общего вида	Вычисление двойного интеграла. Вычисление двойного интеграла в полярных координатах. Вычисление площади поверхности. Вычисление тройного интеграла. Замена переменных в тройном интеграле. Тройной интеграл в цилиндрических координатах. Тройной интеграл в сферических координатах. Вычисление криволинейного интеграла второго рода. Вычисление площади с помощью криволинейного интеграла. Формула Грина. Условие независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования. Поверхностные интегралы 1-го рода. Поверхностные интегралы 2-ого рода. Формула Стокса. Формула Остроградского.
Элементы теории поля	Скалярное поле. Производная по направлению. Градиент. Векторное поле. Ориентированная поверхность. Поток векторного поля через ориентированную поверхность. Дивергенция векторного поля. Циркуляция и ротор векторного поля. Потенциальное векторное поле. Оператор Гамильтона.
Элементы тензорного анализа	Криволинейная система координат. Основной и

	сопряженный базисы криволинейной системы координат. Ковариантные и контравариантные координаты вектора. Тензоры и алгебраические операции над ними. Метрический и дискриминантный тензоры. Тензоры 2-го ранга. Дифференцирование тензоров.
--	--

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Векторы	Домашние задания, индивидуальное задание №1 "Векторы"	10
2	Интегралы общего вида	Домашние задания, индивидуальное задание №2 "Интегралы"	10
3	Элементы теории поля	Домашние задания, индивидуальное задание №3 "Элементы теории поля"	10
4	Элементы тензорного анализа	Домашние задания, индивидуальное задание №4 "Тензоры"	10

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02-Физика реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекции: традиционное и проблемное изложение теоретического материала, текущий устный опрос, коллоквиумы, использование интерактивных обучающих мультимедиа средств; практические занятия: интерактивные методы решения задач, мозговой штурм, использование наглядных средств, контрольные работы; консультации, самостоятельная работа.

Не имитационные методы обучения: проблемная лекция.

Игровые имитационные методы обучения: мозговой штурм.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Векторный и тензорный анализ».

Оценочные средства состоят из вопросов к экзамену, вариантов контрольных работ, проверочных тестов по пройденному теоретическому материалу, домашних заданий и индивидуальных расчетно-графических работ.

На семинарах и практических занятиях студенты разбирают и решают задачи, указанные преподавателем к каждому семинару, разбирают и повторяют основные понятия и теоремы, доказанные на лекциях. Текущий контроль включает в себя тестовые письменные задания, аудиторские самостоятельные и контрольные работы, домашние задания, коллоквиумы, расчетно-графическую работу, промежуточное и итоговое тестирование. Итоговой аттестацией является экзамен. Ниже приведен примерный перечень контрольных вопросов к экзамену.

Вопросы к экзамену 2-ой семестр

1. Скалярное поле. Поверхности и линии уровня.
2. Производная по направлению.
3. Градиент.
4. Векторное поле. Векторные линии.
5. Поток вектора.
6. Дивергенция.
7. Теорема Остроградского-Гаусса.
8. Ротор.
9. Циркуляция.
10. Теорема Стокса.
11. Оператор Гамильтона «набла».
13. Набла - исчисление.
14. Дифференциальные операции 2-го порядка.
15. Оператор Лапласа.
16. Формулы Грина.
17. Криволинейные координаты. Коэффициенты Ламе.
18. Полярные координаты.
19. Цилиндрические координаты.
20. Сферические координаты.
21. Индексные обозначения и их сущность.
22. Символ Кронекера.
23. Символ Леви-Чивита.
24. Символы Кристоффеля.
25. Метрический тензор.
26. Определение тензора.
27. Ортогональные тензоры.
28. Тензорная алгебра.
29. Тензорные операции.
30. Симметричные тензоры и их свойства.
31. Антисимметричные тензоры и их свойства.
32. Главные оси и главные значения тензора.
33. Приведение тензора к диагональному виду.
34. Тензорные поверхности.
35. Инварианты тензоров.
36. Косоугольные координаты.
37. Ковариантные координаты.
38. Контравариантные координаты.
39. Ковариантные тензоры.
40. Контравариантные тензоры.
41. Смешанные тензоры.
42. Подъём и опускание индексов.
43. Псевдотензоры.
44. Свёртка тензоров.
45. Ковариантные производные векторов.
46. Ковариантные производные тензоров.
47. Симметрирование и альтернирование тензоров.
48. Шаровой тензор и девиатор.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

- 1 Фоменко, Т. Н. Высшая математика. Общая алгебра. Элементы тензорной алгебры : учебник и практикум для вузов / Т. Н. Фоменко. — Москва : Издательство Юрайт, 2022 — 121 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08097-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493097> (дата

обращения: 18.03.2022).

2 Волкова, В. И. Векторный и тензорный анализ : учебное пособие (курс лекций) / В. И. Волкова.

— Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2018 — 138 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92535.html> (дата обращения: 17.06.2021). — Режим доступа: для

авторизир. пользователей

3 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> (дата обращения: 17.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4 Акивис, Макс Айзикович. Тензорное исчисление [Текст] : учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / М.А. Акивис, В. В. Гольдберг. - 3-е изд., перераб. - М. : Физматлит, 2005 - 304 с. : рис. - Библиогр.: с. 294 - Предм. указ.: с. 296 - ISBN 5-9221-0424-1 (в пер.)

5 Горлач, Б. А. Тензорная алгебра и тензорный анализ : учебное пособие / Б. А. Горлач. — Санкт-

Петербург : Лань, 2022 — 160 с. — ISBN 978-5-8114-1834-3. — Текст : электронный // Лань :

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211781> (дата обращения:

18.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6 Келлер, И. Э. Тензорное исчисление : учебное пособие / И. Э. Келлер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1352-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210944> (дата обращения: 18.03.2022).

— Режим доступа: для авториз. пользователей..

7 Краснов, Михаил Леонтьевич. Векторный анализ [Текст] : задачи и примеры с подробными

решениями: учеб. пособие / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко. - 2-е изд., испр. . - М. : Едиториал УРСС, 2002 - 140 с. : рис. - (Вся высшая математика в задачах). - ISBN 5-354-00014-9

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html на условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html .
3	7-Zip	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL http://www.7-zip.org/license.txt .
4	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/
5	Lazarus (Free Pascal)	Бесплатное распространение по лицензии GNU GPL-2.0 http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html .
6	http://www.amursu.ru	Официальный сайт ФГОУ ВО «Амурский государственный университет»
7	http://	Научно-образовательный ресурс для решения задач

	www.iprbookshop.ru/	обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу
8	http://e.lanbook.com	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» – тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки. Ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://scholar.google.ru/	GoogleScholar — поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
2	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
3	http://neicon.ru	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН)
4	https://uisrussia.msu.ru/	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ).
5	http://www.mathnet.ru/	Math-Net.Ru. Общероссийский математический портал. Современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

Специального оборудования для освоения и преподавания дисциплины не требуется. Для наглядности представляемого материала студентами и преподавателем используется мультимедиа.