

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

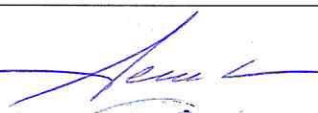
О.Ю. Долматов

«15» 06

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Векторный и тензорный анализ			
Направление подготовки/специальность	03.03.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	2	семестр	4
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		0
	ВСЕГО		64
Самостоятельная работа, ч			80
ИТОГО, ч			144

Вид промежуточной аттестации	Зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭФ ИЯТШ
Заведующий кафедрой – руководитель отделения			Лидер А.М.
на правах кафедры			Склярова Е.А.
Руководитель ООП			
Преподаватель			Мягкий А.Н.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	РЗ	ОПК(У)-2.B1	Владеет математическим аппаратом алгебры и дифференциального исчисления функции одной и нескольких переменных для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и геометрических задач
			ОПК(У)-2.B2	Владеет аппаратом интегрального исчисления и методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических явлений и процессов
			ОПК(У)-2.B3	Владеет аппаратом комплексного и операционного анализа и теорией рядов для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов
			ОПК(У)-2.U1	Умеет применять линейную и векторную алгебру, строить геометрические образы, проводить исследования функций одной и нескольких переменных при решении инженерных задач
			ОПК(У)-2.U2	Умеет интегрировать элементарные, кусочно-заданные и разрывные функции, применять интегрирование для решения прикладных геометрических и физических задач
			ОПК(У)-2.U3	Умеет решать обыкновенные дифференциальные уравнения первого и высших порядков
			ОПК(У)-2.31	Знает базовые понятия и методы линейной и векторной алгебры, аналитической геометрии, теории пределов, дифференциального исчисления
			ОПК(У)-2.B8	Владеет математическим аппаратом векторного и тензорного анализа для проведения теоретического исследований и решения профессиональных задач
			ОПК(У)-2.U8	Умеет использовать основные понятия и теоремы векторного и тензорного анализа в расчетах профессиональных задач
			ОПК(У)-2.38	Знает основные понятия и теоремы векторного и тензорного анализа

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знать базовые понятия, определения и основные теоремы векторного анализа (теоремы Грина, Остроградского-Гаусса, Стокса и др.).	ОПК(У)-2
РД-2	Знать основные понятия тензорного анализа, законы преобразования векторных и тензорных полей при преобразовании координат, основы теории ковариантного дифференцирования.	ОПК(У)-2
РД-3	Владеть навыками использования математического аппарата векторного и тензорного анализа для решения физических задач.	ОПК(У)-2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Векторный анализ	РД-1 РД-3	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	40
Раздел 2. Тензорный анализ	РД-1 РД-3	Лекции	22
		Практические занятия	22
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	40

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Векторный анализ

Скалярное поле. Производная по направлению. Градиент скалярного поля. Векторное поле. Векторные линии. Поток векторного поля и дивергенция. Циркуляция векторного поля и ротор. Производная по направлению векторного поля. Потенциальное векторное поле. Скалярный потенциал. Соленоидальное векторное поле. Векторный потенциал. Оператор Гамильтона и его свойства. Дифференциальные операции 2-го порядка. Оператор Лапласа. Лапласово векторное поле. Гармонические функции и их свойства. Интегральные теоремы векторного анализа. Обратная задача теории поля. Криволинейные ортогональные системы координат. Выражение элементов длины дуги для координатных кривых, элементов площадей для координатных поверхностей и элемента объема через коэффициенты Ламе. Основные дифференциальные операции теории поля в ортогональных криволинейных координатах.

Темы лекций:

1. Скалярное и векторное поле. Дифференциальные операции 1-го порядка.
2. Оператор Гамильтона и его свойства. Дифференциальные операции 2-го порядка.
3. Оператор Лапласа. Гармонические функции и их свойства.
4. Интегральные формулы. Обратная задача теории поля.

5. Дифференциальные операции в ортогональных криволинейных координатах.

Темы практических занятий:

1. Скалярное и векторное поле. Дифференциальные операции 1-го порядка. Векторные линии. Скалярный потенциал. Векторный потенциал.
2. Дифференциальные операции 2-го порядка. Оператор Гамильтона и Лапласа.
3. Первая и вторая интегральные формулы Грина. Обратная задача теории поля.
4. Дифференциальные операции 1-го и 2-го порядка в криволинейных координатах.
5. Контрольная работа по теме “Векторный анализ”.

Раздел 2. Тензорный анализ

Линейное (векторное) пространство. Базис и координаты. Линейные формы. Линейные операторы. Сопряженные линейные пространства. Взаимные базисы. Линейные формы. Полилинейные формы. Понятие тензора. Линейное пространство тензоров. Координаты тензора и их преобразование. Инвариантность тензорных уравнений. Алгебраические операции над тензорами: сложение, умножение тензоров, свертка, перестановка индексов, симметрирование и альтернация. Евклидовы векторные пространства. Метрический тензор. Ковариантные и контравариантные координаты векторов. Операции поднятия и опускания индексов. Главные оси тензора. Приведение тензора к главным осям. Инварианты тензора. Дискриминантный тензор. Псевдотензоры. Аффинное (точечное) пространство. Тензоры в точечном пространстве. Тензорные поля. Тензоры в криволинейных координатах. Метрический тензор в точечном пространстве. Символы Кристоффеля. Операция ковариантного дифференцирования и ее свойства. Тензор Римана-Кристоффеля. Римановы пространства. Касательное пространство. Преобразование координат в римановом и касательном пространствах. Параллельный перенос векторов и тензоров в римановом пространстве. Риманова связность. Абсолютный дифференциал и абсолютная производная. Тензор кривизны. Геодезические линии в римановом пространстве. Приложение тензоров к физическим задачам.

Темы лекций:

1. Линейное (векторное) пространство. Преобразование базиса и координат вектора.
2. Линейные формы. Линейные операторы. Матрица оператора.
3. Ковекторные пространства. Сопряженный базис. Сопряженные операторы.
4. Понятие тензора. Алгебраические операции над тензорами.
5. Тензоры в евклидовом векторном пространстве. Метрический тензор.
6. Приведение тензора к главным осям. Инварианты тензора. Псевдотензоры.
7. Аффинное (точечное) пространство. Тензорные поля в криволинейных координатах.
8. Метрический тензор в точечном пространстве. Символы Кристоффеля.
9. Операция ковариантного дифференцирования и ее свойства. Тензор Римана-Кристоффеля.
10. Римановы пространства. Касательное пространство. Параллельный перенос векторов и тензоров в римановом пространстве. Риманова связность.
11. Абсолютный дифференциал и абсолютная производная. Тензор кривизны. Геодезические линии в римановом пространстве.

Темы практических занятий:

1. Линейные пространства. Сопряженные пространства. Преобразование базиса и координат вектора.
2. Преобразование матрицы линейного оператора при переходе к новому базису.
3. Операции над тензорами: сложение, умножение, свертка, симметрирование и альтернирование.

4. Метрический тензор. Поднятие и опускание индексов.
5. Главные оси тензора. Приведение тензора к главным осям. Инварианты тензора.
6. Признак тензорности величин. Дискриминантный тензор. Псевдотензоры.
7. Тензорные поля в криволинейных координатах. Ковариантная производная.
8. Римановы пространства. Касательное пространство. Преобразование координат.
9. Параллельный перенос тензоров в римановом пространстве. Абсолютный дифференциал и абсолютная производная.
10. Приложение тензоров к физическим задачам.
11. Контрольная работа по теме “Тензорный анализ”.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Келлер, И. Э. Тензорное исчисление: учебное пособие / И. Э. Келлер. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-1352-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3814>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Аникин, А. Ю. Теория поля: учебное пособие / А. Ю. Аникин. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 106 с. – ISBN 978-5-7038-3763-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/52075>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Горлач, Б. А. Тензорная алгебра и тензорный анализ: учебное пособие / Б. А. Горлач. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-1834-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/56160>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Щетинин, А. Н. Введение в тензорный анализ: учебное пособие / А. Н. Щетинин, Е. А. Губарева. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 35 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/58471>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Матвеев, К. А. Введение в тензорное исчисление: учебное пособие / К. А. Матвеев. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: НГТУ, 2016. – 64 с. – ISBN 978-5-7782-3092-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118317>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Краснов, М. Л. Векторный анализ: учебное пособие / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко. – Москва: Наука, 1978. – 159 с. – Текст: непосредственный. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C71922>

2. Лапин, И. А. Кратные интегралы. Теория поля: учебное пособие / И. А. Лапин, И. С. Ратафьева. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. – 112 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/43871>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Гаврилов, В. Р. Математика в техническом университете: учебник: в 21 выпуск / В. Р. Гаврилов, Е. Е. Иванова, В. Д. Морозова. – 3-е изд., испр. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007 – Выпуск 7: Кратные и криволинейные интегралы. Элементы теории поля – 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-7038-3190-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106552>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Аливердиева, Э. И. Тензорная алгебра и абсолютное дифференциальное исчисление: учебно-методическое пособие / Э. И. Аливердиева, Е. В. Левашкина, М. И. Орлов. – Москва: МИСИС, 2002. – 84 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/116449>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Мышкис, А. Д. Математика для технических ВУЗов. Специальные курсы: учебное пособие / А. Д. Мышкис. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 640 с. – ISBN 978-5-8114-0395-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/282>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные Базы данных:

1. Электронная библиотека ММФ МГУ – <http://www.lib.mexmat.ru>
2. Общероссийский математический портал – <http://www.mathnet.ru>
3. Библиотека по естественным наукам РАН – <http://www.benran.ru>
4. Научно-образовательный сайт EqWorld – Мир математических уравнений – <http://eqworld.ipmnet.ru>
5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – <http://window.edu.ru>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
2. 7-Zip;
3. Adobe Acrobat Reader DC;
4. Adobe Flash Player;
5. Google Chrome;
6. Mozilla Firefox ESR;
7. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
8. WinDjView

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

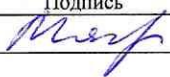
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2	
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2	Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 72 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

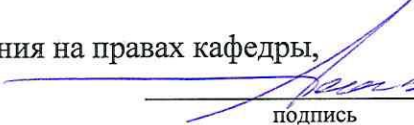
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика, профиль «Физика конденсированного состояния» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
доцент		Мягкий А.Н.

Программа одобрена на заседании кафедры общей физики (протокол от «15» мая 2017 г. №6).

Заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 /Лидер А.М./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании отделения ОЭФ (протокол)
2018/2019 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Изменена система оценивания	от «14» июня 2018г. № 3 От «28» августа 2018г. № 4