

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра математической физики

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П.А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВЕКТОРНЫЙ И ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки / Специальность	03.03.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы / Специализация	Техническая физика беспилотных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа учебной дисциплины **«Векторный и тензорный анализ»** для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем) составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 891 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры математической физики,
канд. физ.-мат. наук

В.И. Колесник

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры математической физики
Протокол от 10.04.2025 г. №11.

Заведующий кафедрой

В.И. Колесник

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.
Протокол от 16.04.2025 г. № 4.
Председатель

В.Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, канд. физ.-мат. наук, доц.
10.04.2025 г.

П.В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

математический анализ, аналитическая геометрия и линейная алгебра.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

методы математической физики, теоретическая физика, используются при подготовке выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М5.8 Векторный и тензорный анализ
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	2,5 / 90

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	3	17	–	17	56	90	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основ векторного и тензорного анализа и его приложений, развитие навыков работы с объектами более сложной структуры, чем векторы.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен	ОПК-1.11. Демонстрирует	ОПК-1.11.1. Знает основы

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	теоретические знания векторного и тензорного анализа. ОПК-1.12. Применяет знания векторного и тензорного анализа. при решении задач теоретического и прикладного характера.	векторного и тензорного анализа. ОПК-1.12.1. Умеет применять знания векторного и тензорного анализа при решении математических и физических задач. ОПК-1.12.2. Владеет навыками применения инструментария векторного и тензорного анализа.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Темы	Вопросы темы
Раздел 1. Тензорная алгебра	
1. Тензорная алгебра.	1.1. Преобразование базисов и координат. 1.2. Контравариантным тензор первого ранга. 1.3. Линейные формы. Ковариантный тензор первого ранга. 1.4. Определение тензора произвольного ранга. 1.5. Операции над тензорами. Групповая свойство тензоров.
2. Симметричные и кососимметричные тензоры.	2.1. Метрический и дискриминантный тензоры. 2.2. Связь между метриками. Взаимные базисы. Формулы Гиббса. 2.3. Ориентированные объемы. 2.4. Смешанное и векторное произведение. Двойное векторное произведение. 2.5. Псевдотензора. Дифференциальная запись матриц P и Q.
Раздел 2. Элементы теории поля. Приложения	
3. Элементы теории поля.	3.1. Элементы теории поля. 3.2. Формулы Грина, Остроградского, Стокса в векторной и тензорной формах записи. 3.3. Повторные операции теории поля.
4. Приложения в физике	4.1. Тензор напряжений и его свойства. 4.2. Тензор деформации.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Тензорная алгебра	10	–	10	28	48
1. Тензорная алгебра	6	–	6	14	26
2. Симметричные и кососимметричные тензоры.	4	–	4	14	22
Раздел 2. Элементы теории поля.	7	–	7	28	42

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Приложения					
3. Элементы теории поля	3	–	3	14	20
4. Приложения в физике	4	–	4	14	22
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	–	17	56	90
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОП	17	–	17	56	90

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1. Тензорная алгебра

1. Преобразование базисов и координат. Правило Эйнштейна и второе соглашение.
2. Контравариантный тензор первого ранга.
3. Линейные формы. Ковариантный тензор первого ранга.
4. Ковариантные и контравариантные координаты вектора.
5. Определение тензора произвольного ранга.
6. Групповое свойство тензоров.
7. Сложение тензоров, подстановка индексов.
8. Умножение тензоров, свертка тензоров.
9. Симметричные и антисимметричные тензоры.
10. Симметрирование, альтернирование тензоров.
11. Дифференциальная запись матриц P и Q .
12. Метрический тензор. Поднятие и опускание индексов. Формулы Гиббса.
- Тензор Леви-Чивита. Скалярное произведение в произвольной системе координат.
13. Полиадное представление тензоров.
14. Ориентированные объемы. Смешанное, векторное и двойное векторное произведения в произвольных системах координат.

Раздел 2. Элементы теории поля. Приложения

15. Вектор-функция скалярного аргумента. Годограф вектор-функции.
16. Производная и интегрирование вектор-функции скалярного аргумента.
- Свойства.
17. Скалярное поле. Производная по направлению. Градиент скалярного поля.
18. Векторное поле. Поток векторного поля.
19. Дивергенция векторного поля. Соленоидальное поле.
20. Ротор векторного поля. Потенциальное поле.
21. Элементы теории поля в векторной и тензорной записях.
22. Формулы Грина, Остроградского и Стокса в векторной и тензорной записях.
23. Повторные операции теории поля.
24. Криволинейные координаты. Основные операции векторного анализа в криволинейных координатах. Коэффициенты Ламе.
25. Ковариантная производная. Символы Кристоффеля.
26. Тензор напряжений.
27. Тензор деформации.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике по темам:

– ковариантные и контравариантные координаты вектора, тензор произвольного ранга, умножение тензоров, свертка тензоров, смешанное, векторное и двойное векторное произведения в произвольных системах координат;

– производная по направлению, градиент скалярного поля, формулы Грина, Остроградского и Стокса в векторной и тензорной записях, основные операции векторного анализа в криволинейных координатах.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	30
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	0
2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	30
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		100
Промежуточная аттестация (зачет)		100
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в четвертом корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете четвертого корпуса (ауд.108).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Рашевский, П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ / П. К. Рашевский. - Изд. 3-е. - М. : Наука, 1967. - 664 с.
2. Кочин, Н. Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н. Е. Кочин ; ред. П. Я. Кочина ; Акад. наук СССР. - 7-е изд. - М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1951. - 424 с.
3. Победря, Б. Е. Лекции по тензорному анализу : [Для физ.-мат. специальностей вузов] / Б. Е. Победря. - 2-е изд. - М. : Изд-во МГУ, 1979. - 223 с.
4. Акивис, М. А. Тензорное исчисление / М. А. Акивис, В. В. Гольдберг. - 2-е изд. - М. : Наука, 1972. - 351 с.

10.2. Дополнительная литература

5. Щербаков, Р. Н. Элементы векторного и тензорного исчисления / Р. Н. Щербаков. - Томск : Изд-во Том. ун-та, 1977. - 74 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).