

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 02.04.2025 16:52:17 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a878808522525	МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Векторный и тензорный анализ" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)\***

### **Векторный и тензорный анализ**

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

Фундаментальная физика

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2022

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2022 г.

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья

Рабочая программа дисциплины "Векторный и тензорный анализ" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 3
---	--------

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина предназначена для освоения студентами теории и практики векторного и тензорного анализа, необходимых для использования в различных курсах физики и математики.
Цель дисциплины — изложить основы векторного и тензорного анализа на современном языке и в достаточно полном объеме.
Задачи дисциплины заключаются в развитии следующих знаний, умений и навыков личности:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• дать полное представление об основных понятиях векторного и тензорного анализа;</li> <li>• научить пользоваться полученными знаниями – доказывать теоремы, устанавливать связи между различными понятиями и с другими областями математики;</li> <li>• развить основы математического мышления, использования математического языка;</li> <li>• научить решать задачи и упражнения, используя определения, теоремы и технические приёмы;</li> <li>• показать возможные приложения полученных знаний в различных областях.</li> </ul>
Результаты обучения дисциплине направлены на достижение индикаторов:
ОПК-1.1 - использует математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов.
ОПК-1.2 - использует физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности.
ОПК-1.3 - использует основные экспериментальные методы определения физико-химических свойств материалов и изделий из них.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП:	Б1.О.04
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
Линейная алгебра	
Математический анализ	
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
Теоретическая механика	
Механика сплошных сред	

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

<b>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</b>
<b>Знать:</b>
Для достижения ОПК-1.1: • свойства различных криволинейных координатных систем; • свойства локального базиса криволинейной системы координат; • определение тензора и основные операции тензорной алгебры; • дифференциальные операции векторного анализа в криволинейных и декартовых координатах, $\text{div}$ , $\text{grad}$ , $\text{rot}$ ; • формулы Стокса и Остроградского-Гаусса, их скалярную и векторную версии;
<b>Уметь:</b>
Для достижения ОПК-1.2: • определять компоненты векторов локального базиса в любой точке криволинейной системы координат; • находить компоненты тензора первого и второго ранга при преобразовании координат; • выполнять преобразования тензоров и тензорных выражений; • раскрыть повторную операцию теории поля для произвольных скалярных и векторных полей в декартовой системе координат
<b>Владеть:</b>
Для достижения ОПК-1.3: навыками решения прикладных задач на основе стандартных задач векторного и тензорного анализа.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	• свойства различных криволинейных координатных систем;
3.1.2	• свойства локального базиса криволинейной системы координат;
3.1.3	• определение тензора и основные операции тензорной алгебры;

Рабочая программа дисциплины "Векторный и тензорный анализ" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»		стр. 4
3.1.4	• дифференциальные операции векторного анализа в криволинейных и декартовых координатах, $\text{div}$ , $\text{grad}$ , $\text{rot}$ ;	
3.1.5	• формулы Стокса и Остроградского-Гаусса, их скалярную и векторную версии;	
<b>3.2 Уметь:</b>		
3.2.1	• определять компоненты векторов локального базиса в любой точке криволинейной системы координат;	
3.2.2	• находить компоненты тензора первого и второго ранга при преобразовании координат;	
3.2.3	• выполнять преобразования тензоров и тензорных выражений;	
3.2.4	• раскрыть повторную операцию теории поля для произвольных скалярных и векторных полей в декартовой системе координат	
<b>3.3 Владеть:</b>		
3.3.1	решения прикладных задач на основе стандартных задач векторного и тензорного анализа.	

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 72 в том числе : аудиторные занятия : 36 самостоятельная работа : 36	Виды контроля в семестрах:  зачеты 2

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
<b>Раздел 1. Определение тензора и операции тензорной алгебры.</b>				
1.1	Введение в тензорный анализ. Основные задачи тензорного исчисления. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1
1.2	Локальный базис криволинейной системы координат. Ковариантные и контравариантные компоненты вектора. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.3	Преобразование базиса и компонент вектора при преобразовании координат. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.4	Определение тензора произвольного ранга и строения. Ортогональные аффинные преобразования. Декартов тензор. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.5	Тензоры в матричном и диадном виде. Единичный декартов тензор второго ранга и альтернирующий тензор третьего ранга. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.6	Индексная форма записи тензора. Операции тензорной алгебры. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.7	Смешанный тензор второго ранга как линейный оператор. Матрица линейного оператора. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.8	Элементы векторного анализа. /Ср/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э3 Э4
1.9	Индексные обозначения тензоров. /Ср/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
1.10	Локальный базис криволинейной системы координат. /Ср/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.11	Ковариантные и контравариантные компоненты вектора. /Ср/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.12	Определение тензора. /Ср/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1
1.13	Операции тензорной алгебры. /Ср/	2	3	Л1.1 Л1.2Л2.1
<b>Раздел 2. Дифференцируемые скалярные и векторные поля</b>				
2.1	Инварианты линейного оператора, дивергенция и ротор линейного оператора. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э2
2.2	Дивергенция и ротор линейного оператора в ортонормированном базисе. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
2.3	Дифференцируемое скалярное поле. Производная по направлению и градиент скалярного поля. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э2
2.4	Дифференцируемое векторное поле. Производная по направлению, дивергенция и ротор векторного поля. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
2.5	Производная векторного поля по направлению в ортонормированном базисе. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1

Рабочая программа дисциплины "Векторный и тензорный анализ" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 5
2.6	Дифференциальные операции градиент, дивергенция и ротор в криволинейных координатах. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
2.7	Дифференциальные операции: градиент, дивергенция и ротор в декартовой системе координат. /Ср/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
2.8	Дифференциальные операции: градиент, дивергенция и ротор в криволинейной системе координат. /Ср/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
<b>Раздел 3. Основные операции векторного анализа</b>				
3.1	Оператор Гамильтона. Символическая запись операций градиент, дивергенция и ротор. Повторные операции теории поля. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э3
3.2	Дифференциальные операции градиент, дивергенция и ротор в криволинейных координатах. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э4
3.3	/Пр/	2	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
<b>Раздел 4. Формулы Грина, Гаусса-Остроградск и Стокса</b>				
4.1	Теорема Гаусса-Остроградского. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э4
4.2	Теорема Грина и теорема Стокса. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1
4.3	/Пр/	2	12	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
<b>Раздел 5. Элементы теории групп</b>				
5.1	Обобщение на объекты произвольной природы. Элементы теории групп. /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э4
5.2	/Ср/	2	15	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4

<b>6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</b>	
<b>6.1. Перечень видов оценочных средств</b>	
Контрольная работа	
<b>6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации</b>	
Типовые задания представлены в приложении	
<b>6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации</b>	
Типовые задания представлены в приложении	
<b>6.4. Критерии оценивания</b>	
<p>Балльно-рейтинговая система оценки знаний студента по дисциплине выстраивается на основе балловой оценки различных форм деятельности студентов. Для оценки зачета суммируются баллы семестра и контрольной зачетной работы. На зачете выдается зачетная работа из 5 задач, взятых из вариантов контрольных работ, каждое задание оценивается в 8 баллов. Полученные баллы суммируются с баллами, полученными за практические занятия и контрольные работы. Зачет выставляется от 75 баллов.</p> <p>На контрольных работах №1, 2 студенту предлагается решить две задачи, на контрольной работе №3 - три задачи. Контрольная работа, выполненная студентом, оценивается по 8-ми бальной шкале, руководствуясь при этом следующими критериями:</p> <p>Студент получает на контрольных работах №1, 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8 баллов, если правильно и с пояснениями решены две задачи;</li> <li>6-7 баллов, если решены две задачи, но есть несущественные ошибки;</li> <li>5 баллов, если решены три задачи, но есть ошибки;</li> <li>4 баллов, если правильно и с пояснениями решены две задачи;</li> <li>3 балла, если решены две задачи, но есть ошибки;</li> <li>2 балла, если решена одна задача;</li> <li>1 балл, если частично решена одна задача.</li> </ul> <p>Студент получает на контрольной работе №3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8 баллов, если правильно и с пояснениями решены три задачи;</li> <li>7 баллов, если решены три задачи, но есть несущественные ошибки;</li> <li>6 баллов, если решены три задачи, но есть ошибки;</li> <li>5 баллов, если правильно и с пояснениями решены две задачи;</li> <li>4 балла, если решены две задачи, но есть ошибки;</li> <li>3 балла, если решена одна задача;</li> <li>1-2 балла, если частично решена одна задача.</li> </ul>	

Рабочая программа дисциплины "Векторный и тензорный анализ" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 6
---	--------

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Мак-Коннел А. Д., Коренев Г. В.	Введение в тензорный анализ ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=116257">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=116257</a> )	Москва : Гос. изд-во физико-математической лит., 1963	ЭБС
Л1.2	Борисенко А. И., Тарапов И. Е.	Векторный анализ и начала тензорного исчисления: учебное пособие для студентов вузов	М.: Высш. шк., 1966	

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Ильин В. А., Позняк Э. Г.	Основы математического анализа: [учебник для физических специальностей и физико-математических факультетов университетов]	Москва : Наука, 1965	

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронная информационно-образовательная среда <a href="http://de.ifmo.ru/--books/0051/8/8_1/81_obf_1.htm">http://de.ifmo.ru/--books/0051/8/8_1/81_obf_1.htm</a>
Э2	Образовательный математический сайт <a href="http://www.exponenta.ru/">http://www.exponenta.ru/</a>
Э3	Сайт по высшей математике для заочников и не только <a href="http://mathprofi.ru/">http://mathprofi.ru/</a>
Э4	Сайт математического факультета ЧелГУ <a href="http://www.math.csu.ru/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=82&amp;Itemid=73">http://www.math.csu.ru/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=82&amp;Itemid=73</a>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

LMS Moodle

MS Office365

Adobe Connect Acrobat

Adobe Reader

#### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992
eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека [научной периодики на русском языке]. — Москва, [1999-]. - Доступ к полным текстам после регистрации из сети ЧелГУ. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a> .
Moodle [Электронный ресурс]: система дистанционного обучения : [база данных] / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, [б.г.]. – Доступ из сети ЧелГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <a href="http://moodle.uio.csu.ru/login/index.php">http://moodle.uio.csu.ru/login/index.php</a> .
Научная библиотека Челябинского государственного университета [Электронный ресурс] : [сайт] / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, [2001-]. – Режим доступа: <a href="http://www.lib.csu.ru/">http://www.lib.csu.ru/</a> , свободный. – Загл. с экрана.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Лекционная аудитория с возможностью демонстрации электронных презентаций при уровне освещения, достаточном для работы с конспектом.
2. Используется электронный читальный зал научной библиотеки ЧелГУ (аудитория 206) для самостоятельной работы студента, оснащенный персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».
3. Компьютерные информационные технологии предъявления информации.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебный курс строится таким образом, чтобы способствовать созданию у студента понятийно-теоретического ядра и развитию практического навыка решения математических задач.  
Для успешного усвоения материала студенту необходимо получить достаточное количество баллов по следующим формам обучения:

1. Лекционная форма, которая предполагает посещение и конспектирование лекций. Лекционные занятия могут

проводиться как в классической форме, предполагающее устное изложение материала преподавателем и конспектированием материала студентам, так и форме семинара, студентам предлагается совместное решение теоретических задач при возможной помощи преподавателя. Кроме того, часть лекций сопровождается интерактивными материалами для лучшего понимания геометрической интерпретации материала.

2. Практические занятия предполагает посещение их студентом, получение баллов за посещаемость и выполнение контрольных работ.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних заданий студентом. Для их выполнения студенту необходимо использование и изучение литературы по заданной теме в дополнении к материалам практических занятий. Домашние работы содержат от 3 до 5 задач по заданной теме. Выдаются после каждого практического занятия. Материал каждого практического занятия представлен в электронном виде на сайте математического факультета <http://www.math.csu.ru> и в виде твердых копий, которые студент может получить по желанию.

В ходе освоения дисциплины применяются следующие информационные технологии:

1. Слайдовые презентации лекций по некоторым темам дисциплины (по усмотрению преподавателя, не менее 6 часов).
2. Дистанционные компьютерные тесты, размещенные в программной оболочке MOODLE.
3. Организация онлайн консультаций и консультаций с использованием электронной почты и форумов в социальных сетях.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MSOffice365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

## 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EiBraille-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevy с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

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. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

**Контрольная работа №1**

**Тема:** Индексные обозначения тензора и локальный базис.

Вариант № 1

1. Даны тензоры:

$$a_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & -5 & 3 \\ 1 & 0 & 4 \\ 2 & -1 & 0 \end{pmatrix}; \quad b^{ij} = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 0 \\ -4 & 1 & 2 \\ -3 & 0 & 6 \end{pmatrix}; \quad c^i = (1; 0; 2).$$

Определите тензорные величины: 1.1.  $a_{ij} \cdot b^{ij}$  1.2.  $b_{ik} \cdot c^k$

2. Постройте локальный базис сферической системы координат в точке

$A \left( r = 3; \theta = \frac{\pi}{2}; \varphi = \frac{\pi}{3} \right)$ . Определите векторы локального базиса и сделайте рисунок.

**Контрольная работа №2**

**Тема:** Определение тензора.

Вариант № 1.

1. Известны компоненты тензора в старой системе координат  $Ox^1x^2x^3$

$$Q_j^i = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & -4 & 0 \end{pmatrix} \text{ и матрица преобразования}$$

$$\text{координат } A = (A_i^{i'}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 4 \\ 0 & -2 & 0 \\ -3 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Найдите компоненты тензора  $Q_j^{i'}$  в новых осях  $Ox^{1'}x^{2'}x^{3'}$ .

2. Определите компоненты декартового тензора 2 ранга

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

в новых осях, полученных путем поворота старых декартовых координат на угол  $45^\circ$  относительно оси  $x_0^2$ .

**Контрольная работа №3**  
**Тема: Элементы векторного анализа.**

Вариант № 1.

1. Даны тензоры первого ранга  $b_i = (1; 2; 3)$  и  $d_i = (-2; 3; -1)$ . Найдите компоненты тензорных выражений

1.1.  $\varepsilon_{[ij]k} \cdot b_i \cdot d_k$

1.2.  $f_{ks} = b_k \cdot d_s$

2. Дано векторное поле  $\vec{P}(M) = \frac{x}{yz} \vec{i} + \frac{y}{zx} \vec{j} + \frac{z}{xy} \vec{k}$  и скалярное поле  $\varphi(M) = \ln(xyz)$ . Найдите значения выражений

2.1.  $(\text{grad } \varphi) \times (\text{rot } \vec{P})$ ,

2.2.  $\text{grad div } \vec{P}$ .

3. Докажите, что для произвольного вектора  $\vec{a}$  выполняется равенство

$$\vec{r}_k \cdot (\vec{a} \times \vec{r}^k) = 0,$$

если  $\vec{r}_k, \vec{r}^k$  – локальный и взаимный базисы криволинейной системы координат.

