

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан механико-математического  
факультета  
А.М. Захаров  
"30" 2022 г.



**Рабочая программа дисциплины**  
**Векторный и тензорный анализ**

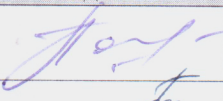
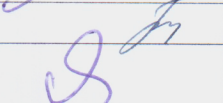
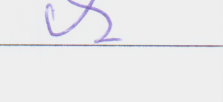
Направление подготовки  
03.03.02 Физика

Профиль  
Физика живых систем

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов  
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Поплавский В.Б.		30.08.22г.
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		30.08.22г.
Заведующий кафедрой	Галаев С.В.		30.08.22г.
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» являются:

1. Развитие компетенций в области изучения, анализа и применения современных математических теорий по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» в соответствии с требованием ФГОС ВО.

2. Формирование у обучающихся навыков владения современным аппаратом векторного и тензорного анализа, что позволяет описывать и анализировать широкий класс физических проблем.

3. Формирование правильного научного подхода к решению различных задач векторного и тензорного анализа.

4. Приобретение навыков самостоятельного решения практических задач.

5. Формирование навыков применения современных математических теорий и информационных технологий, векторного и тензорного анализа в научных исследованиях.

6. Формирование навыков грамотной постановки научных задач, решения задач с применением математического аппарата, систематизации полученных знаний.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП бакалавриата по направлению 03.03.02 Физика, профилю «Физика живых систем». На ее изучение отводится 72 часа. Согласно учебному плану направления и профилю подготовки данный курс во втором семестре заканчивается зачетом.

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» имеет тесную взаимосвязь с остальными дисциплинами этого модуля. Для усвоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении дисциплин этого модуля: «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Математический анализ». Она необходима для освоения таких дисциплин как, «Дифференциальные уравнения», «Методы математической физики».

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач. ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач	<b>Знать:</b> основы векторного и тензорного анализа; <b>Уметь:</b> применять методы векторного и тензорного анализа для решения задач в области

и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	теоретического и прикладного характера. ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.	физико-математических наук; <b>Владеть:</b> навыками применения векторного и тензорного анализа в математике и физике.
---	---	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа, 2 зачетные единицы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	Пр.занятия		КСР	СР	Контроль	
					Общая трудоемкость	Из них - практическая подготовка				
1	Раздел 1. Элементы тензорной алгебры.	2	1-2 / 1-3	4	6			4		Форма текущего контроля - опрос, проверка домашнего задания
2	Раздел 2. Векторная функция скалярного переменного.	2	3 / 4-5	2	4			6		опрос, проверка домашнего задания
3	Раздел 3. Векторная функция многих скалярных аргументов.	2	4 / 6-7	2	4			2		опрос, проверка домашнего задания
4	Раздел 4. Скалярное поле.	2	5 / 8-9	2	4			6		опрос, проверка домашнего задания
5	Раздел 5. Векторное поле.	2	6-7 / 10-13	4	8		12			опрос, проверка домашнего задания
6	Раздел 6. Введение в теорию векторных	2	8 / 14	2	2		2			опрос, проверка домашнего задания

	тензорных полей на дифференцируемом многообразии								
7	Контрольная работа	2	9 / 15		2			4	Контрольная работа по всем разделам
	<b>Промежуточная аттестация</b>	2							<b>Зачёт</b>
	<b>ИТОГО (72 ч.)</b>	2			16	30	0	26	0

## Содержание дисциплины

### 1. Элементы тензорной алгебры

Векторы. Ковекторы. Линейные операторы. Теория инвариантов оператора. Полилинейные функции (формы). Свойства полилинейных кососимметрических форм. Представления билинейных и трилинейных кососимметрических форм. Понятие тензора типа  $(p,q)$ . Примеры.

### 2. Векторная функция скалярного переменного

Предел векторной функции скалярного переменного, формальные свойства. Непрерывность векторной функции скалярного переменного. Производная векторной функции скалярного переменного, выражение в координатах. Свойства производной. Годограф. Геометрический смысл производной векторной функции скалярного переменного. Понятие гладкой регулярной кривой. Длина дуги кривой. Длина дуги как натуральный параметр. Производная векторной функции по натуральному параметру.

### 3. Векторная функция многих скалярных аргументов

Векторная функция двух скалярных аргументов. Частные производные. Поверхность. Элементы дифференциальной геометрии поверхности: нормали и касательные. Первая квадратичная форма поверхности и ее применение.

### 4. Скалярное поле

Поверхности и линии уровня скалярного поля. Дифференцируемость скалярного поля, градиент. Производная скалярного поля по направлению. Связь градиента с производной по направлению. Алгебраические и геометрические свойства градиента. Вычисления градиента и производной по направлению в координатах. Система обозначений Гамильтона.

### 5. Векторное поле

Дифференцируемость векторного поля, дифференциальный оператор. Матрица дифференциального оператора в декартовых координатах. Производная векторного поля по направлению. Дивергенция векторного поля, свойства, вычисление в координатах. Поток векторного поля через поверхность. Теорема Гаусса-Остроградского. Выражение дивергенции через поток. Соленоидальные векторного поля и их признаки. Ротор векторного поля, его выражение в декартовых координатах и через гамильтониан. Формальные свойства ротора. Теорема Стокса. Потенциальные векторные поля. Различные признаки потенциальности. Некоторые полезные вычислительные формулы векторного анализа, в частности: дивергенция и ротор векторного произведения векторных полей, градиент скалярного произведения векторных полей. Вычисления в криволинейных координатах.

### 6. Введение в теорию векторных и тензорных полей на дифференцируемом многообразии

Понятие дифференцируемого многообразия. Примеры. Векторные и тензорные поля на многообразии. Векторные расслоения. Элементы теории связности на многообразии. Дифференцирования векторных и тензорных полей на многообразии.

### **Темы практических занятий**

**Практические занятия 1-3.** Векторы. Ковекторы. Линейные операторы. Понятие тензора типа  $(p,q)$ . Примеры. Предел векторной функции скалярного переменного, формальные свойства.

**Практические занятия 4-5.** Производная векторной функции скалярного переменного, выражение в координатах. Длина дуги кривой. Длина дуги как натуральный параметр. Производная векторной функции по натуральному параметру.

**Практические занятия 5-6.** Дифференцируемость скалярного поля, градиент. Производная скалярного поля по направлению.

**Практические занятия 7-8.** Вычисления производной по направлению и градиента формально и в координатах. Поверхности и линии уровня скалярного поля. Элементы дифференциальной геометрии кривой и поверхности.

**Практические занятия 9-10.** Дифференцируемость векторного поля. Матрица дифференциального оператора в декартовых координатах. Производная векторного поля по направлению.

**Практическое занятие 11.** Дивергенция векторного поля, свойства, вычисление в координатах. Поток векторного поля через поверхность. Теорема Гаусса-Остроградского.

**Практические занятия 12-13.** Выражение дивергенции через поток. Соленоидальные векторного поля и их признаки. Ротор векторного поля, его выражение в декартовых координатах и через гамильтониан.

**Практическое занятие 14.** Формальные вычисления ротора и вычисления в координатах. Теорема Стокса. Потенциальные векторные поля. Различные признаки потенциальности. Нахождение потенциалов векторных полей.

**Практическое занятие 15.** Контрольная работа по разделам 2-6.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические работы, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Лекционно – семинарско – зачетная система обучения;
- Информационно – коммуникационные технологии;
- Исследовательские методы в обучении;
- Проблемное обучение.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50% аудиторных занятий.

### **Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ и инвалидностью**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение

соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

- для *слабовидящих*:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для *глухих и слабослышащих*:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для *лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих* все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Важную роль при освоении дисциплины «Векторный и тензорный анализ» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приёмами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет главную цель – обеспечение качества подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- Работа с конспектами лекций;
- Проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям в соответствии с вопросами, предложенными преподавателем;
- Проработка дополнительных тем, не вошедших в лекции, но обязательных согласно учебной программе модуля;
- Самостоятельное решение сформулированных задач по основным разделам курса;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Изучение обязательной и дополнительной литературы;
- Подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний;
- Выполнение контрольных работ;

При освоении дисциплины используются следующие формы контроля самостоятельной работы:

- устный опрос;
- творческая работа;
- контрольная работа;

При выполнении самостоятельной работы студент должен:

1. Внимательно изучить материал, характеризующий курс и тематику самостоятельного изучения, что позволит чётко представить и круг изучаемых тем, и глубину их постижения.
2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем, поскольку существуют основной и дополнительный список литературы.

### **Темы самостоятельных работ по дисциплине «Векторный и тензорный анализ»**

1. Полилинейные функции (формы). Свойства полилинейных кососимметрических форм. Представления билинейных и трилинейных кососимметрических форм. Понятие тензора типа  $(p, q)$ .
2. Предел векторной функции скалярного переменного, доказательство формальных свойства. Производная векторной функции скалярного переменного, выражение в координатах.
5. Длина дуги кривой. Длина дуги как натуральный параметр. Производная векторной функции по натуральному параметру.
6. Дифференцируемость скалярного поля, градиент.
7. Производная скалярного поля по направлению. Связь производной по направлению и градиента.
8. Элементы дифференциальной геометрии кривой и поверхности: параметрические задания, регулярность. Понятия кривизны и кручения кривых. Основные идеи теории кривизны поверхности.
9. Поток векторного поля через поверхность. Теорема Гаусса-Остроградского. Выражение дивергенции через поток. Соленоидальные векторного поля и их признаки.
10. Ротор векторного поля. Теорема Стокса. Потенциальные векторные поля. Различные признаки потенциальности.
11. Некоторые полезные вычислительные формулы векторного анализа: дивергенция и ротор векторного произведения векторных полей, градиент скалярного произведения векторных полей.
12. Вычисления градиента, дивергенции и ротора в криволинейных координатах.
13. Векторные и тензорные поля на многообразии. Векторные расслоения. Элементы теории связности на многообразии.

Текущая успеваемость обучающихся контролируется с помощью проведения контрольных работ

### **Примерные варианты контрольной работы**

#### **Вариант № 1.**

- 1). Продифференцировать векторную функцию  $r(t)$ :  $\bar{r}(t) = [\bar{a}e^{\omega t} + \bar{b}, \omega e^{\omega t} \bar{a}]$ ,  $\bar{a}, \bar{b}$  - постоянные векторы
- 2). Найти производную при  $t = 0$  векторной функции  $r(t) : \bar{r}(\sin t, \cos t, t)$

3). Найти градиент скалярного поля  $\Phi : \Phi = \bar{r}^2(\bar{a}\bar{r})$

4). Найти производную в точке  $M_0$  по направлению к точке  $M_1$

скалярного поля  $\Phi : \Phi = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ,  $M_0(1,1,1)$ ,  $M_1(3,2,1)$

5). Найти ротор векторного поля  $\bar{V} = \bar{a}(\bar{b}\bar{r})$ ,  $\bar{a}, \bar{b}$  - постоянные векторы

6). Является ли следующее поле соленоидальным?  $\bar{V}(2y, -z, 2x)$

### Вариант №2.

1. Пусть  $\bar{r} = \bar{r}(t)$ . Тогда производная по  $t$  от  $[\bar{a}\bar{r}']$ , где  $\bar{a}$  - постоянный вектор, равна 1)  $[\bar{a}'\bar{r}'']$ , 2)  $[\bar{a}\bar{r}'] + [\bar{a}\bar{r}'']$ , 3)  $[\bar{a}\bar{r}'']$ , 4) другой ответ.

2. Уравнение касательной к кривой  $\bar{r} = 4\cos t \bar{i} + 4\sin t \bar{j} + 3t \bar{k}$  в точке  $t = 0$  имеет вид

1)  $\frac{x-4}{0} = \frac{y}{4} = \frac{z}{3}$ ; 2)  $\frac{x}{4} = \frac{y-4}{0} = \frac{z-3}{3}$ ; 3)  $\frac{x-4}{4} = \frac{y}{0} = \frac{z}{3}$ ; 4) другой ответ.

3. Градиент скалярного поля  $\varphi = |\bar{r}|^n$  равен

1)  $\frac{\bar{r}^0}{|\bar{r}|}$ , 2)  $n|\bar{r}|^{n-1}$ , 3)  $n|\bar{r}|^{n-1}\bar{r}^0$ , 4) другой ответ.

4. Поверхность уровня скалярного поля  $\varphi = 2x^2 + y^2 - 3z^2$  в точке  $(1; -2; 0)$  представляет из себя

1) конус второго порядка, 2) однополостный гиперboloид, 3) двуполостный гиперboloид, 4) другой ответ.

5. Производная скалярного поля  $\varphi = xyz$  в точке  $(1; 1; 1)$  по направлению радиус-вектора этой точки равна

1) 3, 2)  $\sqrt{3}$ , 3)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$ , 4) другой ответ.

6. Семейство силовых линий векторного поля  $\bar{a} = x\bar{i} - y\bar{j}$  определяется уравнениями

1)  $x + y = c$ , 2)  $\frac{x}{y} = c$ , 3)  $xy = c$ , 4) другой ответ.

7. Дивергенция векторного поля  $\bar{a} = (\bar{r}\bar{c})\bar{c}$ , где  $\bar{c}$  - постоянный вектор, равна



1)  $\bar{c}^2$ , 2)  $\bar{r}\bar{c}$ , 3) 0, 4) другой ответ.

8. При условии  $\text{rot } \bar{r} = \bar{0}$ , ротор векторного поля  $\bar{a} = [[\bar{c}\bar{b}]\bar{r}]$ , где  $\bar{c}, \bar{b}$  - постоянные векторы, равен

1)  $2[\bar{c}\bar{b}]$ , 2)  $2[\bar{b}\bar{c}]$ , 3)  $\bar{0}$ , 4) другой ответ.

9. Векторное поле  $\bar{a} = x(z^2 - y^2)\bar{i} + y(x^2 - z^2)\bar{j} + z(y^2 - x^2)\bar{k}$

1) соленоидально, но не потенциально, 2) потенциально, но не соленоидально, 3) не является соленоидальным и потенциальным, 4) другой ответ.

10. Потенциал поля  $\bar{a} = 2xy\bar{i} + (x^2 - 2yz)\bar{j} - y^2\bar{k}$  равен

1)  $x^2y + c$ , 2)  $x^2y - y^2z + c$ , 3) поле не потенциально, 4) другой ответ.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Дайте определения векторной функции скалярного аргумента и предела векторной функции скалярного аргумента.
2. Что называется годографом векторной функции одного скалярного аргумента?
3. В чем заключается геометрический смысл производной векторной функции скалярного аргумента?
4. Какими свойствами отличается натуральный параметр линии?
5. Дайте определение векторной функции многих скалярных переменных.
6. Что называется годографом векторной функции двух скалярных аргументов?
7. Как найти касательную плоскость и нормаль к годографу векторной функции двух скалярных аргументов?
8. Приведите примеры ортогональных криволинейных координат в пространстве. Вычислите соответствующие им коэффициенты Ламе.
9. Дайте определения скалярного поля и поверхности (линии) уровня скалярного поля.
10. Сформулируйте определения дифференцируемости скалярного поля и градиента.
11. Докажите геометрические и формальные свойства градиента.
12. Что называется производной скалярного поля по направлению? Какая существует связь между производной скалярного поля по направлению и его градиентом.
13. Выразите градиент в криволинейных ортогональных координатах.
14. Дайте определения линейного оператора в линейном пространстве и его матрицы.
15. Сформулируйте и докажите теорему о независимости следа матрицы линейного оператора от выбора базиса.
16. Дайте определения векторного поля, дифференцируемости векторного поля, матрицы производной векторного поля.
17. Что называется производной векторного поля по направлению?
18. Дайте определения дивергенции и потока векторного поля.
19. Сформулируйте и докажите теорему Гаусса-Остроградского.
20. Дайте определение и приведите свойства оператора Гамильтона (набла).
21. Выразите градиент, производные скалярного и векторного поля по направлению, дивергенцию и ротор через оператор Гамильтона.
22. Что называется полилинейной формой на линейном пространстве?

23. Сформулируйте и докажите основную теорему о билинейной кососимметрической форме на трехмерном векторном евклидовом пространстве.
24. Определите ротор векторного поля, запишите его выражения в декартовых координатах и через оператор Гамильтона.
25. Что называется линейным интегралом и циркуляцией векторного поля.
26. Сформулируйте и докажите теорему Стокса.
27. Дайте определение соленоидального и потенциального векторного поля. Сформулируйте необходимые и достаточные условия соленоидальности и потенциальности векторного поля.
28. Выразите дивергенцию и ротор векторного поля в ортогональных криволинейных координатах.
29. Дайте определение тензора в линейном пространстве. Приведите примеры тензоров.
30. Введите операции во множестве тензоров: сложение, умножение и свертывание.
31. Дайте определение тензорного поля в пространстве. Приведите примеры тензоров в физике.

### **ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

1. Предел векторной функции скалярного переменного, формальные свойства.
2. Непрерывность векторной функции скалярного переменного.
3. Производная векторной функции скалярного переменного, выражение в координатах. Свойства производной.
4. Годограф. Геометрический смысл производной векторной функции скалярного переменного.
5. Понятие гладкой регулярной кривой. Длина дуги кривой. Длина дуги как натуральный параметр.
6. Производная векторной функции по натуральному параметру.
7. Векторная функция двух скалярных аргументов. Частные производные. Поверхность и формы ее задания.
8. Элементы дифференциальной геометрии поверхности: нормали и касательные к поверхности.
9. Первая квадратичная форма поверхности и ее применение.
10. Скалярное поле. Поверхности и линии уровня скалярного поля.
11. Дифференцируемость скалярного поля, градиент.
12. Производная скалярного поля по направлению.
13. Связь градиента с производной по направлению.
14. Алгебраические и геометрические свойства градиента.
15. Вычисления градиента и производной по направлению в координатах.
16. Система обозначений Гамильтона.
17. Векторное поле. Дифференцируемость векторного поля, дифференциальный оператор.
18. Матрица дифференциального оператора в декартовых координатах.
19. Производная векторного поля по направлению.
20. Дивергенция векторного поля, свойства, вычисление в координатах.
21. Поток векторного поля через поверхность.
22. Теорема Гаусса-Остроградского.
23. Выражение дивергенции через поток.
24. Соленоидальные векторного поля и их признаки.
25. Ротор векторного поля, его выражение в декартовых координатах и через гамильтониан.
26. Формальные свойства ротора. Теорема Стокса.
27. Потенциальные векторные поля. Различные признаки потенциальности.

28. Некоторые формулы векторного анализа: дивергенция и ротор векторного произведения векторных полей.
29. Некоторые формулы векторного анализа: градиент скалярного произведения векторных полей.
30. Вычисление дивергенции, ротора и градиента в криволинейных ортогональных системах координат.
31. Определение тензора в линейном пространстве. Примеры тензоров: скаляр, вектор, линейный оператор и  $p$ -линейная форма.
32. Операции во множестве тензоров: сложение, умножение и свертывание.
33. Определение и задание тензорного поля в пространстве. Примеры тензоров в физике.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

**Таблица 1.1** Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	10	0	20	10	0	20	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента 2 семестр

#### Лекции

*Посещаемость, активность, умение выделить главную мысль и др.  
(от 0 до 5 баллов)*

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 4 балла;
- от 51% до 75% – 7 балла;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

#### Лабораторные занятия

*Не предусмотрены*

#### Практические занятия

*Самостоятельность при выполнении работы, активность работы в аудитории, правильность выполнения заданий, уровень подготовки к занятиям и т.д. (от 0 до 20 баллов)*

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 10 баллов;
- от 51% до 75% – 15 баллов;
- от 76% до 100% – 20 баллов.

### Самостоятельная работа

*Качество и количество выполненных домашних работ, правильность выполнения и т.д. (от 0 до 10 баллов)*

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 баллов;
- от 51% до 75% – 7 баллов;
- от 76% до 100% – 10 баллов.

### Автоматизированное тестирование

*Не предусмотрено.*

### Другие виды учебной деятельности

*Контрольная работа (от 0 до 20 баллов)*

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 баллов;
- от 51% до 75% – 15 баллов;
- от 76% до 100% – 20 баллов.

### Промежуточная аттестация

Формой промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины по данному курсу является теоретический зачёт, который проводится в виде ответа на экзаменационный билет, состоящий из пяти вопросов, и сопровождается решением практических задач. Задаются еще два – три дополнительных вопроса из перечня контрольных вопросов к промежуточной аттестации. На прохождение аттестации студенту отводится 20 минут.

При проведении промежуточной аттестации:

*ответ на «отлично» оценивается от 30 до 40 баллов;*

*ответ на «хорошо» оценивается от 20 до 29 баллов;*

*ответ на «удовлетворительно» оценивается от 10 до 19 баллов;*

*ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 9 баллов.*

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» составляет 100 баллов.

**Таблица 2.1** Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Векторный и тензорный анализ» в оценку (зачет):

<u>70</u> баллов и более	«зачтено»
меньше <u>70</u> баллов	«не зачтено»


## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) литература:

1. Вильчевская Е. Н. Тензорная алгебра и тензорный анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие / Вильчевская Е. Н. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. - 124 с. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/99827.html>. - ISBN 978-5-7422-6705-8 : Б. ц. Книга находится в Премиум-версии ЭБС IPRbooks.

2. Келлер И.Э. Тензорное исчисление [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Э. Келлер. - 1-е, Новое. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 176 с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3814](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3814). - ISBN 978-5-8114-1352-2 : Б. ц. Книга из коллекции Лань - Математика. Книга находится в ЭБС "ЛАНЬ".

3. Мищенко А. С. Краткий курс дифференциальной геометрии и топологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. С. Мищенко. - 1. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2004. - 304 с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=544615>. - Б. ц. Книга находится в ЭБС "ИНФРА-М".



### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" предоставляет свободный доступ к полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для профессионального образования. <http://window.edu.ru/>
2. Свободное программное обеспечение: LibreOffice и др..
3. Лицензионное программное обеспечение: ОС Microsoft Windows 7, ОС Microsoft Windows 8, Microsoft Office 2007.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в аудиториях на 80-100 посадочных мест, практические занятия – на 20-30 посадочных мест. В отведенных для занятий аудиториях имеются учебные доски для визуализации информации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика и профилю подготовки «Физика живых систем».

Автор  
профессор кафедры геометрии



В.Б. Поплавский

Программа одобрена на заседании кафедры геометрии от 30 августа 2022 года, протокол №1.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Векторный анализ: задачи и примеры с подробными решениями. М.: Едиториал УРСС, 2002г. -144с.
2. Лосик М.В. Сборник задач по топологии [Текст] : учеб.-метод. пособие для студентов, обучающихся по специальностям: - 01.01.00 "Математика", направление 52.12.00 - "Математика. Прикладная математика" / М.В. Лосик. - Саратов : Издательский центр "Наука", 2008. - 19 с.
3. Либер А. Е., Ржехина Н.Ф. Основы векторного анализа. Саратов. Изд-во СГУ. 1966г.
4. Либер А. Е. Тензорный анализ. Саратов. Изд-во СГУ.1975г.
5. Лосик М.В. Лекции по векторному и тензорному анализу [Текст] : учеб.-метод. пособие / М.В. Лосик; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : Издательский центр "Наука", 2008. - 54 с.
6. Новиков С.П., Тайманов И.А. Современные геометрические структуры и поля. М.: Изд-во МЦНМО, 2005.
7. Подран В.Е. Элементы топологии [Электронный ресурс] : рекомендовано методсоветом по направлению / В. Е. Подран. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-0763-7 : Б. ц. Книга из коллекции Лань - Математика.
8. Поплавский Д. В. Основы линейной алгебры и векторного анализа/ Саратов: Изд. СГУ, 2016. - 80 с.
9. Сизый С.В. Лекции по дифференциальной геометрии [Текст] : учеб. пособие / С.В. Сизый. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 375 с.