



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета  
/ Н.М. Буднев  
« 20 » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1.Б.14.4 Векторный и тензорный анализ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль): Солнечно-земная физика

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 8 от « 19 » июня 2017 г.

Зам. председателя к.ф.-м.н., доцент  
Чумак В.В Чумак

Рекомендовано кафедрой:  
теоретической физики  
Протокол № 8  
от « 31 » мая 2017 г.  
Зав.кафедрой к.ф.-м.н., доцент  
Ловцов С.В. Ловцов

Иркутск 2017 г.

## Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля): .....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП .....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): .....	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы .....	4
5. Содержание дисциплины (модуля) .....	5
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.	5
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами .....	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей)и виды занятий.....	5
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	6
6.1. План самостоятельной работы студентов .....	6
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов....	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): .....	7
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля): .....	8
10. Образовательные технологии: .....	8
11. Оценочные средства (ОС): .....	8
12. Приложение: ФОС .....	9

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

### *Цели дисциплины*

- Воспитание высокой математической культуры;
- Привитие навыков современных видов математического мышления;
- Привитие навыков использования методов и основ векторного и тензорного анализа в научной и инженерной деятельности.

Векторный и тензорный анализ дает мощные методы исследования скалярных, векторных (тензорных) полей, основанные на применении методов и понятий алгебры, а также дифференциального и интегрального исчисления. Векторный и тензорный анализ по праву является одним из ключевых элементов математического аппарата современной физики.

Целью курса в третьем семестре является изучение теории скалярных, векторных полей с позиций тензорного анализа, освоение технологий работы с тензорными объектами и операциями векторного анализа, освоение основополагающей идеи инвариантности величин, представляющих физические объекты, их трансформационных свойств.

### *Задачи дисциплины*

Воспитание у студентов математической культуры включает в себя ясное понимание необходимости математической составляющей в общей подготовке, выработку представлений о роли и месте математики и конкретно векторного и тензорного анализа, умение логически мыслить, оперировать с абстрактными объектами и быть корректным в употреблении математических понятий и символов для выражения количественных и качественных отношений.

Освоение студентами на первом курсе понятий и методов дифференциального и интегрального исчисления для функций одной и нескольких переменных позволяет в третьем семестре дать систематическое изложение теории векторнозначных функций. Здесь используются также знания, полученные студентами в курсе линейной алгебры (2 семестр). Вводится фундаментальное понятие тензора, стрелковым является требование инвариантности теории относительно вращений декартовой системы координат. Это позволяет наиболее естественным и строгим образом определить алгебраические и дифференциальные операции векторного анализа, развить соответствующую технику вычислений, дать регулярное изложение интегральных соотношений векторного анализа.

Данный курс призван решать следующие задачи:

- овладение понятиями и методами векторного и тензорного анализа;
- повышение математической культуры применения методов и приемов определения математических понятий, понимание их физического смысла, доказательств теорем и утверждений, в том числе «на физическом уровне строгости»;
- формирование у студентов умений и навыков самостоятельного приобретения и применения знаний.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» входит в базовую часть ОПОП.

Входные знания, умения и компетенции студента соответствуют требованиям изученных к этому времени дисциплин «Математический анализ» (1-2й семестр) и «Линейная алгебра».

Математическое образование студентов должно быть широким, общим, то есть достаточно фундаментальным. Фундаментальность математической подготовки включает в себя достаточную общность математических понятий и конструкций, обеспечивающую широкий спектр их применимости, разумную точность формулировок математических свойств изучаемых объектов, логическую строгость изложения математики, опирающуюся на адекватный современный математический язык. Векторный и тензорный анализ является одной из основ математического образования физика, основой изучения других математических дисциплин (теории дифференциальных уравнений, методов математической физики и т.д.) и фактически

является языком физики.

Знания, полученные при изучении данного курса, являются важнейшим элементом математической культуры физика. Они составляют базу для дальнейшего глубокого освоения основных физических дисциплин – теоретической механики, электродинамики, квантовой механики, а также дисциплин по специальности.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2: способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	<p><b>Знать:</b> основы теории потенциальных векторных полей, основы работы с векторными полями в криволинейных ортогональных системах координат, выражения для дивергенции и лапласиана в декартовой системе координат</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять вычисления с векторами в различных системах координат.</p> <p><b>Владеть:</b> приемами дифференцирования векторных и тензорных полей</p>
--	---

Изучение курса способствует развитию общеобразовательных умений студента:

- приобретать новые знания, основываясь на полученных при изучении курса знаниях и умениях;
- собирать, обрабатывать и интерпретировать данные, необходимые для формирования суждений по соответствующим проблемам;
- использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников;
- применять на практике и в научно-исследовательской деятельности базовые профессиональные знания;
- использовать полученные специализированные знания для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки);
- понимать и излагать получаемую информацию.

### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		3	-	-	-
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	58/1,6	58	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	18/0,5	18	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	36/1	36	-	-	-
Самостоятельная работа студентов	14/0,4	14	-	-	-
<i>КСР</i>	4/0,1	4	-	-	-
Контактная работа	59/1,6	59			
Вид промежуточной аттестации: зачет	-	-	-	-	-
Общая трудоемкость	часы	72	72	-	-
	зачетные единицы	2	2	-	-

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

1. Алгебра тензоров Преобразование компонент трехмерного вектора при вращении системы координат, ортогональность матрицы вращения. Определение тензора n-го ранга. Алгебра тензоров: внешнее произведение, теорема о свертке. Единичный антисимметричный тензор  $\varepsilon_{ijk}$  (символ Леви-Чивита) и теория детерминантов. Векторное и смешанное произведение векторов как свертка с  $\varepsilon_{ijk}$ . Свойства. Геометрический смысл. Свертка  $\varepsilon_{ijk}\varepsilon_{klm}$  и формула В(AC)-С(AB). Отражение системы координат. Тензоры и псевдотензоры.

2. Дифференцирование векторных полей Скалярные поля (преобразование, индуцированное инвариантностью). Векторные поля (закон преобразования). Оператор набла. Градиент – векторное поле, дивергенция – скалярное поле. Геометрический смысл. Ротор. Примеры вычисления.

3. Интегрирование векторных полей. Физический смысл дивергенции. Физический смысл ротора. Три условия потенциальности поля. Ортогональные криволинейные системы координат. Выражения для градиента, дивергенции и лапласиана в криволинейной ортогональной системе координат.

4 Скалярные и векторные поля в физике. Формулировка теоремы Гельмгольца. Векторный потенциал.

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)							
		Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4				
1.	Теоретическая механика								
2.	Электродинамика								
3.	Квантовая механика								
4.	Дисциплины по специальности								

### 5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	
1.	Алгебра тензоров		5		10		4	19
2.	Дифференцирование векторных полей		5		10		4	19
3.	Интегрирование векторных полей		5		10		4	19
4.	Скалярные и векторные поля в физике		3		6		2	11
	Итого		18		36		14	68

## 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	Преобразование компонент трехмерного вектора при вращении системы координат, ортогональность матрицы вращения. Определение тензора n-го ранга.	2		ОПК-2
2.	1	Алгебра тензоров: внешнее произведение, теорема о свертке. Единичный антисимметричный тензор $\varepsilon_{ijk}$ (символ Леви-Чивита) и теория детерминантов.	4		ОПК-2
3.	1	Векторное и смешанное произведение векторов как свертка с $\varepsilon_{ijk}$ . Свойства. Геометрический смысл. Свертка $\varepsilon_{ijk}\varepsilon_{klm}$ и формула В(АС)-С(АВ).	2		ОПК-2
4.	2	Скалярные поля (преобразование, индуцированное инвариантностью). Векторные поля (закон преобразования)	4		ОПК-2
5.	2	Оператор набла. Градиент – векторное поле, дивергенция – скалярное поле.	2		ОПК-2
6.	2	Градиент – векторное поле, дивергенция – скалярное поле. Примеры вычисления	2		ОПК-2
7.	2	. Градиент – векторное поле, дивергенция – скалярное поле. Геометрический смысл	4		ОПК-2
8.	2	Ротор. Примеры вычисления	2		ОПК-2
9.	3	Физический смысл дивергенции.	2		ОПК-2
10.	3	Физический смысл ротора	2		ОПК-2
11.	3	Три условия потенциальности поля.	4		ОПК-2
12.	3	Ортогональные криволинейные системы координат. Выражения для градиента, дивергенции и лапласиана в криволинейной ортогональной системе координат	2		ОПК-2
13.	4	Потенциальные поля.	2		ОПК-2
14.	4	Формулировка теоремы Гельмгольца. Векторный потенциал.	2		ОПК-2

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№	Тема	Вид самостоя-	Задание	Рекомендуемая	Количество
---	------	---------------	---------	---------------	------------

нед.		тельной работы		литература	часов
1-4	Алгебра тензоров	Внеаудиторная, решение задач	1 (задачи параграфов 1,2), 3 (№№1-8)	1, 2,3	4
5-11	Дифференцирование векторных полей	Внеаудиторная, решение задач	3 (№№19-18)	2,3,7	4
12-16	Интегрирование векторных полей	Внеаудиторная, решение задач	4 (№№1-15)	1,2,4,5	4
16-17	Скалярные и векторные поля в физике	Внеаудиторная, решение задач	4 (№№17-21)	4,7	2

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

В стандартах высшего профессионального образования на внеаудиторную работу отводится не менее половины бюджета времени.

## 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

не предусмотрено.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

- 1) Сокольников И.С. Тензорный анализ: Теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред, 2007. (100)
- 2) Батыгин В.В., Топтыгин Н.Н. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности, 2010. (100)

б) дополнительная литература

- 1) Демидович Б.П. Сборник задач по математическому анализу, 2009 (10)
- 2) Будаков Б.М., Фомин С.В. Кратные интегралы и ряды, 2002 (31)

*сверено с ГИБ ИГУ*

в) программное обеспечение: не предусмотрено

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: интернет ресурсы в свободном доступе, на сайте ИГУ [www.isu.ru](http://www.isu.ru) и физического факультета ИГУ.

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: учебно-методические пособия, задания для аудиторной и самостоятельной работы студентов.

#### **10. Образовательные технологии:**

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- консультации –еженедельно для всех желающих студентов;
- самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

#### **11. Оценочные средства (ОС):**

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля: не требуются.

#### **Разработчики:**



доцент кафедры теоретической физики

Б.В. Мангазеев

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«31» мая 2017 г.

Протокол № 8 Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.В. Ловцов



**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**