

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Общеобразовательные дисциплины»

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____ /Евсиков А.А./
подпись Фамилия И.О.

« 30 » июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Векторный и тензорный анализ

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2023

Преподаватель:

Масликов А.А., к.ф.-м.н., доцент, кафедры общеобразовательных дисциплин _____

Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) высшего образования

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры общеобразовательных дисциплин

(название кафедры)

Протокол заседания №3 от « 29 » июня 2023 г.

Заведующий кафедрой профессор _____ Сытин А. Н.

(Фамилия И.О., подпись)

СОГЛАСОВАНО

И.о. заведующего выпускающей кафедрой профессор _____ Ющенко О.П.

(Фамилия И.О., подпись)

« 29 » 06 2023 г.

Эксперт (рецензент):

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается – подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

Оглавление

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	4
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)	4
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий	5
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)	7
7. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	7
8. Ресурсное обеспечение	9
Приложение к рабочей программе	11

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью курса «Векторный и тензорный анализ» является освоение понятий и методов векторного и тензорного исчисления и приобретение студентами навыков создания математических моделей реальных физических явлений с использованием эффективных математических инструментов. В задачи дисциплины входит обучение студентов-физиков навыкам решения задач по теории упругости, гидромеханике, электродинамике с использованием тензорного и векторного анализа.

В ходе достижения цели решаются следующие **основные задачи**: студенты изучают основные свойства и допустимые алгебраические действия над векторами и тензорами, затем определяют роль этих математических объектов для описания объективных свойств реального пространства—однородности и изотропности, после чего студенты учатся решать задачи по различным разделам физики с применением освоенных математических понятий.

Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины являются:

- физические системы различного масштаба и уровней организации, процессы их функционирования;
- физические, инженерно-физические, биофизические, химико-физические, медико-физические, природоохранные технологии;
- физическая экспертиза и мониторинг.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.14 «Векторный и тензорный анализ» входит в состав обязательных дисциплин базовой части блока дисциплин учебного плана. Изучается в IV семестре II курса.

Приступая к изучению дисциплины, студенты должны иметь твердые знания по предметам «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», входящие компетенции ОПК-2.

Освоение материала дисциплины позволит студенту быть подготовленным к изучению дисциплин модуля «Теоретическая физика», к защите выпускной квалификационной работы и последующей профессиональной деятельности.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) (последний – при наличии в карте компетенции)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1 Проводит исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики	<i>Знать</i> основные принципы и основные этапы формирования и становления научного коллектива, проводящего научные физические исследования <i>Владеть</i> *) навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления,

		методами решения задач в разных отраслях естественных наук (в том числе методами вычисления градиентов скалярных полей, дивергенции, ротора, потока через поверхность векторных полей, лапласиана скалярных полей в ортогональных и криволинейных координатах), оценкой применимости и эффективности составленных моделей физических процессов.
	ОПК-2.2 Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики	<i>Уметь</i> использовать знания современных проблем и новейших достижений физики для решения актуальных научно-исследовательских задач
	ОПК-2.3 Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей	<i>Владеть</i> теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ. Уметь принимать сложные решения на основе групповых интересов, выбирает оптимальные формы организации эксперимента

*) результат обучения сформулирован на основании требований профессиональных стандартов:

«Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» № 32 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 4 марта 2014 г. № 121н),

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых:

51 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем¹:

34 часов – лекционные занятия;

17 часа – практические занятия.

0 часов – мероприятия промежуточной аттестации⁴ (зачет с оценкой),

21 час составляет самостоятельная работа обучающегося.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе:										
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них ²								Самостоятельная работа обучающегося, часы, из них		
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические занятия и др.)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.
IV семестр												
Тема 1. Вектора. Действия над векторами.		2		2					4	3		3
Тема 2. Скалярные поля.		4		2					6	3		12
Тема 3. Векторные поля.		4		3					7	3		
Тема 4. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.		6		2					8	3		
Тема 5. Аффинное пространство и тензоры в нем.		6		3					9	3		
Тема 6. Алгебраические операции над тензорами.		6		3					9	3		6
Тема 7. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.		6		2					8	3		
Промежуточная аттестация -- <u>зачет с оценкой</u> (указывается форма проведения)**	0	X								X		
Итого	72	34		17					51	21		21

*Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

** Промежуточная аттестация может проходить как в традиционных формах (зачет, экзамен), так и в иных формах: балльно-рейтинговая система, защита портфолио, комплексный экзамен, включающий выполнение практических заданий (возможно наряду с традиционными ответами на вопросы по программе дисциплины (модуля)).

² Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Содержание дисциплины

Тема 1. Вектора. Действия над векторами.

Основные определения. Арифметические действия над векторами. Скалярное, векторное, смешанное произведение векторов и их свойства.

Тема 2. Скалярное поле.

Определение. Примеры скалярных полей. Поверхности уровня, система дифференциальных уравнений для их нахождения. Градиент, его свойства. Производная по направлению.

Тема 3. Векторные поля.

Определение и примеры векторного поля. Дивергенция и поток. Формула Остроградского-Гаусса. Уравнения векторных линий. Циркуляция и ротор. Формула Стокса и Грина. Операторная формула записи векторных операций. Оператор Гамильтона и Лапласа.

Тема 4. Основные операции векторного анализа в ортогональных криволинейных координатах.

Градиент, дивергенция и ротор в криволинейных координатах. Оператор Лапласа в криволинейных координатах.

Тема 5. Аффинное пространство и тензоры в нем.

Определение аффинных пространств n измерений. Тензоры в касательном центроаффинном пространстве.

Тема 6. Алгебраические действия над тензорами.

Виды тензоров: вектора, ковектора, линейные операторы, диады, билинейная формы. Метрический тензор, тензор Леви-Чивиты, матрица Якоби, Риманова кривизна. Свёртка тензоров, внешнее произведение.

Тема 7. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.

Индефинитная метрика, пространство Минковского. Изотропные подпространства векторного псевдоевклидового пространства, базис. Неравенство Коши-Буняковского.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В стадии разработки.

7. Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты, примерные темы курсовых работ (проектов) и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами 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.

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.

8. Ресурсное обеспечение

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная учебная литература

1. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления / Н.Е. Кочин; Отв. ред. П.Я. Кочина. - 10-е изд. - М. : Ленанд, 2017. - 432 с. : ил. - ISBN 978-5-9710-3663-0
2. Акивис, М. А. Тензорное исчисление : учебное пособие / М. А. Акивис, В. В. Гольдберг. – 3-е изд., перераб. – Москва : Физматлит, 2005. – 305 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67297> (дата обращения: 14.04.2022). – ISBN 978-5-9221-0424-1. – Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке.
3. Гордиенко, А. Б. Основы векторного и тензорного анализа : учебное пособие / А. Б. Гордиенко, М. Л. Золотарев, Н. Г. Кравченко. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2009. – 133 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488> (дата обращения: 14.04.2022). – ISBN 978-5-8353-0968-9. – Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная учебная литература

1. Ильин В.А. и Позняк Э.Г. Линейная алгебра : Учеб. для вузов. - 4-е изд. - М.: МГУ, 1999. - 296 с
2. Ильин, В.А. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: Учебник./ В.А. Ильин, Ким Г.Д. - 3-е изд, перераб. и доп.- М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. - 395 с.: ил.
3. Краснов М.Л. Векторный анализ: Задачи и примеры с подробными решениями : Учебное пособие / М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. - Изд. стер. - М. : Ленанд, 2018. - 144 с. : ил. - (Вся высшая математика в задачах). - ISBN 978-5-9710-5458-0

• Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный университет – М.: Издательство Московского университета – Журнал основан в 1977 году. – Полные электронные версии статей журнала представлены в в базе данных периодических изданий компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9166/udb/890>

2. Вестник Московского университета. Серия 01. Математика. Механика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный университет – М.: Издательство Московского университета гл. ред. В.Н. Чубариков– Журнал основан в 1960 году. – Полные электронные версии статей журнала представлены в базе данных периодических изданий компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9045/udb/890>
3. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель Московский государственный областной университет Гл. ред. А.С. Бугаев. - Журнал основан в 1998 году – Сайт журнала: <http://vestnik-mgou.ru/Series/PhysicsMathematics> Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25657

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znanium.com»: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (ПУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
2. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
3. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>
4. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
5. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXponenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

– **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

- Проведение лекционных занятий предполагает использование программных презентаций по рассматриваемым темам.
- Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

– **Описание материально-технической базы**

Стандартная учебная аудитория с проектором.

Приложение к рабочей программе дисциплины

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» программы бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ОПК-2** - – способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

код и формулировка компетенции

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕН- ЦИИ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ОПК-2.1 Проводить исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу для поиска и выработки новых решений в области физики	Отсутствие знаний	Не знает или знает слабо основные определения и методы векторного и тензорного исчисления	Удовлетворительно знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления	Хорошо знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Уверенно знает основные определения и методы векторного и тензорного исчисления. Не допускает ошибок.

	Отсутствие умений	Слабо умеет применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при организации самостоятельной или коллективной научной работы.	Имеет удовлетворительное умение применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа в научной работе. при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, возникающих в различных физических курсах.	Хорошо умеет применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, возникающих в практической научной деятельности. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Уверенно и стабильно умеет применять основные понятия векторной алгебры и тензорного анализа при анализе непрерывно распределенных в пространстве величин (полей) различной природы, использовать теоретические понятия и практические методы при решении задач, использовать полученные теоретические знания в профессиональной деятельности, определять границы применимости векторной алгебры и тензорного анализа. Не допускает ошибок.
	Отсутствие владений	Не владеет навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления.	Удовлетворительно владеет навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления, методами решения задач в разных отраслях естественных наук. Допускает множественные ошибки.	Хорошо владеет навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления, методами решения задач в разных отраслях естественных наук), оценкой применимости и эффективности составленных моделей физических процессов, сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний. Допускает отдельные ошибки.	Отлично владеет навыками составления математических моделей профессиональных задач с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления, методами решения задач в разных отраслях естественных наук, оценкой применимости и эффективности составленных моделей физических процессов, сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практиче-

					ских рекомендаций по исполнению их результатов. Ошибок не допускает.
ОПК - 2.2. Выявляет перспективные проблемы и формулирует принципы решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики	Отсутствие умений	Демонстрирует слабое частичное умение определить цели и последовательность действий, необходимых для решения физических задач.	Демонстрирует удовлетворительное умение определить цели и последовательность действий, необходимых для решения актуальных научно-исследовательских задач с использованием методов векторного и тензорного анализа. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение определить цели и последовательность действий, необходимых для решения актуальных научно-исследовательских задач, принимает исполнительные решения в условиях спектра мнений. Допускает отдельные ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное умение определить цели и последовательность действий, необходимых для решения актуальных научно-исследовательских задач в области медицинской физики. Принимает исполнительные решения в условиях спектра. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умений	Не умеет использовать знания современных проблем и новейших достижений физики для решения актуальных научно-исследовательских задач	Удовлетворительно умеет использовать знания современных проблем и новейших достижений физики для решения. Допускает грубые ошибки. актуальных научно-исследовательских задач	Хорошо умеет использовать знания современных проблем и новейших достижений физики для решения актуальных научно-исследовательских задач с использованием моделей векторного и тензорного анализа. Допускает отдельные ошибки.	Отлично умеет использовать знания современных проблем и новейших достижений физики для решения актуальных научно-исследовательских задач, уверенно использует знания по векторному и тензорному анализу. Ошибок не допускает.
	Отсутствие умений	Не умеет проводить анализ и обобщение научных данных	Слабо умеет проводить анализ и обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования. Допускает грубые ошибки.	Хорошо умеет проводить анализ и обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования и определять направления дальнейших исследований и разработок	Отлично умеет проводить анализ и обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования и определять направления дальнейших исследований и разработок.
ОПК-2.3. Разрабатывает методики решения и координирует выполнение отдельных заданий при руководстве группой исследователей	Отсутствие владения	Не владеет или демонстрирует низкий уровень владения теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе.	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ.	Демонстрирует хороший уровень навыка владения теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ при моделировании физических задач.	Демонстрирует высокий уровень владения теоретическими знаниями об организационно-управленческой работе в коллективе и определять порядок выполнения работ. Умеет принимать сложные решения на основе групповых

					интересов, выбирает оптимальные формы организации эксперимента с использованием базовых понятий векторного и тензорного исчисления.
	Отсутствие владения	Не владеет навыками, коллективного обсуждения результатов работы, формирования новых коллективных подходов в решении научно-технических задач.	Очень слабо владеет навыками, коллективного обсуждения результатов работы, формирования новых коллективных подходов в решении научно-технических задач	Хорошо владеет навыками, коллективного обсуждения результатов работы, формирования новых коллективных подходов в решении научно-технических задач	Отлично владеет навыками, коллективного обсуждения результатов работы, формирования новых коллективных подходов в решении научно-технических задач с моделями векторного и тензорного анализа.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в IV семестре является зачет с оценкой. На зачете студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение IV семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Работа на практических занятиях	33
2	Подготовка доклада/сообщения (УО2.1)	10
3	Подготовка доклада/сообщения (УО2.2)	10
4	Аудиторные занятия (посещение)	17
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к зачету.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать зачет.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к зачету.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к зачету
в том числе:	
61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к зачету
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к зачету)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с нижеприведенным графиком.

График выполнения самостоятельных работ студентами во IV семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
УО2.1		ВЗ						ЗЗ									
УО2.2									ВЗ						ЗЗ		

ВЗ – выдача задания

ЗЗ – защита задания

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Список вопросов к зачету с оценкой.

1. Понятие вектора. Произведения двух векторов. Произведения трех векторов.
2. Поверхности и линии уровня скалярного поля.
3. Производная скалярного поля по направлению. Градиент.
4. Определение векторного поля. Векторные линии и трубки.
5. Поток векторного поля через поверхность. Дивергенция.
6. Циркуляция векторного поля. Ротор.
7. Потенциальное поле.
8. Соленоидальное поле.
9. Лапласово поле.
10. Дифференциальные операции второго порядка.
11. Криволинейные ортогональные координаты в трёхмерном евклидовом пространстве.
12. Градиент в ортогональных криволинейных координатах.
13. Дивергенция в ортогональных криволинейных координатах.
14. Ротор в ортогональных криволинейных координатах.
15. Оператор Лапласа в ортогональных криволинейных координатах.
16. Определение аффинных пространств n измерений.
17. Аффинная система координат. Преобразование аффинного базиса.
18. Определение ковариантного тензора.
19. Определение контравариантного тензора.
20. Общее определение тензора в аффинном пространстве.
21. Алгебраические операции над тензорами.
22. Евклидово и псевдоевклидово пространство.
23. Тензорная алгебра в евклидовых пространствах.
24. Параллельное перенесение тензора.
25. Ковариантное дифференцирование тензора.
26. Уравнения Максвелла в тензорной записи.

Варианты устных сообщений (УО2.1)

1. Симметрии скалярного поля. Производная скалярного поля. Градиент.

2. Векторные линии и трубки. Поток векторного поля через поверхность.
3. Аффинная координатная система. Преобразование аффинного базиса.
4. Симметрирование, альтернирование тензоров. Обобщенные символы Кронекера.
5. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства.

Варианты устных сообщений (УО2.2)

1. Аффинная система координат. Преобразование аффинного базиса.
2. Определение ковариантного тензора.
3. Определение контравариантного тензора.
4. Общее определение тензора в аффинном пространстве.
5. Алгебраические операции над тензорами.
6. Евклидово и псевдоевклидово пространство.
7. Тензорная алгебра в евклидовых пространствах.
8. Параллельное перенесение тензора.
9. Ковариантное дифференцирование тензора.
10. Уравнения Максвелла в тензорной записи.

Вариант зачетного билета.

1. Найти производную скалярного поля $\varphi = \sqrt{(x^3 + y - z^2)}$ в направлении вектора $\vec{l} = 2\vec{i} - 2\vec{j} + \vec{k}$ в точке M (-1, 0, 2).
2. Найти градиент скалярного поля $\varphi = 2ye^{y^2+z-x^3}$ в точке M (0,1,0)
3. Найти поток векторного поля $\vec{A} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$ через часть плоскости S, расположенной в первом октанте. $S: x + y + z = 1$.
4. Найти поток векторного поля $\vec{A} = (\ln y + 7x)\vec{i} + (\sin z - 2y)\vec{j} + (e^y - 2z)\vec{k}$ через замкнутую поверхность S. $S: x^2 + y^2 + z^2 = 2x + 2y + 2z - 2$
5. Проверить соленоидальность векторного поля $\vec{A} = y^2\vec{i} - (x^2 + y^3)\vec{j} + z(3y^2 + 1)\vec{k}$
6. Найти ротор векторного поля $\vec{A} = (x + z)\vec{i} + (y + z)\vec{j} + (x^2 + z)\vec{k}$