Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0233C9D60038B01A9E48C1A3FBB4A9D9F6
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 07.07.2023 до 28.04.2038

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
С.Н. Титов

ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ С ПРИЛОЖЕНИЯМИ В КОСМОЛОГИИ И АСТРОФИЗИКЕ

Программа учебной дисциплины модуля
«Физическая космология и астрофизика»

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки
44.04.01 Педагогическое образование,

направленность (профиль) образовательной программы
Приоритетные направления науки в физическом образовании

(очная форма обучения)

Составитель: Червон С.В.,
доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики и технических дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от «26 » мая 2023 г. № 5

Ульяновск, 2023

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) модуля «Теоретическая и наблюдательная космология» учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, направленность (профиль) образовательной программы «Приоритетные направления науки в физическом образовании», очной формы обучения.

Дисциплина опирается на знания и навыки, приобретенные в рамках курсов «Основы теоретической физики» и дисциплин по выбору, изученного в период обучения в бакалавриате.

1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике» является ознакомление обучающихся с основами тензорного анализа, а также его приложениями в космологии и астрофизике.

Задачей освоения дисциплины является получение магистрантами набора знаний, умений и навыков по методам тензорной записи уравнений гравитационного поля, ковариантного дифференцирования и вычисления тензора кривизны.

В результате освоения дисциплины «Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике» магистрант должен:

знать базовую терминологию, относящуюся к тензорной алгебре и к тензорному анализу

уметь решать стандартные задачи, связанные с ковариантным дифференцированием и движением частиц в гравитационных полях по геодезическим линиям и выводить уравнение Эйнштейна вариационным методом;

владеть: методами инвариантных преобразований и техникой вычисления тензоров Римана-Кристоффеля, Риччи.

Процесс изучения дисциплины «Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике» направлен на расширение научного кругозора и понимания технических особенностей тензорных преобразований.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Тензорный анализ и математический аппарат теоретической физики»

Этап формирования / Компетенции	теоретический	модельный	практический
	знает	умеет	владеет
ПК-5. Способен осуществлять поиск, анализ и обработку научной информации в целях исследования проблем образования в предметной области направленности (профиля) магистратуры. ПК-5.1. Знает: источники научной информации, необходимой для обновления содержания образования по дисциплинам (курсам) предметной области направленности (профиля)	ОР-1 базовую терминологию, относящуюся к тензорной алгебре и к тензорному анализу	ОР-2 решать стандартные задачи, связанные с ковариантным дифференцированием и движением частиц в гравитационных полях по геодезическим линиям и выводить уравнение Эйнштейна	ОР-3 методами инвариантных преобразований и техникой вычисления тензоров Римана-Кристоффеля, Риччи

магистратуры и трансформации процесса обучения; методы работы с научной информацией; приемы дидактической обработки научной информации в целях ее трансформации в учебное содержание ПК-5.2 Умеет: вести поиск и анализ научной информации; осуществлять дидактическую обработку и адаптацию научных текстов в целях их перевода в учебные материалы ПК-5.3. Владеет: методами работы с научной информацией и учебными текстами.		вариационным методом	

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

Объем дисциплины и виды учебной работы

Номер семестра	Учебные занятия						Форма итоговой аттестации
	Всего		Лекции, час	Лабораторные занятия, час	Практическ. занятия, час	Самостоят. работа, час	
	Трудоемкость						
	Зач. ед.	Часы					
1	2	72	2	16	0	54	зачет
Итого:	2	72	2	16	0	54	

3. **Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

3.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения			
	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1 семестр				

Тема 1. Тензорная алгебра в аффинном пространстве.	1	2	0	6
Тема 2. Тензоры в евклидовом и псевдоевклидовом пространстве.	1	2	0	4
Тема 3. Ковариантное дифференцирование тензоров.	0	3	0	10
Тема 4. Римановы многообразия. Тензор кривизны Римана, его свойства и метод его вычисления. Тензор Риччи и скалярная кривизна.	0	3	0	12
Тема 5. Уравнения Эйнштейна для однородной и изотропной Вселенной. Частные решения для космической жидкости.	0	3	0	10
Тема 6. Решение Шварцшильда. Геодезические в пространстве-времени Шварцшильда.	0	3	0	12
Итого по 1 семестру:	2	16	0	54
Всего по дисциплине:	2	16	0	54

3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Краткое содержание курса (1 семестр)

Тема 1. Тензорная алгебра в аффинном пространстве.

Определение тензора по преобразованию базиса (и инвариантным способом, как полилинейное отображение). Основные операции над тензорами, их математическая и физическая значимость. Правила сложения, умножения, свертывания тензоров. Определение операций симметрирования и альтернирования для тензоров произвольного типа. Свойства этих операций для тензоров второго и третьего ранга. Признак тензорности (правило частного). Теорема о сохранении ранга тензорного уравнения.

Тема 2. Тензоры в евклидовом и псевдоевклидовом пространстве.

Евклидовы и псевдоевклидовы пространства. Метрический тензор. Пространство Минковского. Тензорная алгебра и криволинейные координаты в евклидовых пространствах.

Тема 3. Ковариантное дифференцирование тензоров.

Параллельное перенесение. Коэффициенты связности. Ковариантная производная вектора и ковектора. Ковариантное дифференцирование произвольного тензора. Уравнение геодезической линии.

Тем 4. Римановы многообразия. Тензор кривизны Римана, его свойства и метод его вычисления. Тензор Риччи и скалярная кривизна.

Многообразия и тензорные поля. Параллельный перенос вектора вдоль малой замкнутой петли как вывод тензора римановой кривизны. Свойства тензора Римана и тождества Бианки. Тензор Вейля. Определение тензора Риччи и скалярной кривизны.

Тема 5. Уравнения Эйнштейна для однородной и изотропной Вселенной. Частные решения для космической жидкости.

Тема 6. Решение Шварцшильда. Геодезические в пространстве-времени Шварцшильда.

Вывод решения Шварцшильда. Внутренние решения. Геодезические линии в пространстве-времени Шварцшильда. Прецессия перигелия.

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

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение

учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и зачёту. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание и защиту докладов или проектов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на лабораторных занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных на лабораторные занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной научной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объём самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме численного решения теоретических задач по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена методическими материалами.

- подготовки отчета по расчетному заданию;
- подготовки ответа на теоретические вопросы;
- подготовки мультимедийных презентаций;
- подготовки реферата.

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Примерные тем рефератов

1. Тензоры и тензорная алгебра в трехмерном Евклидовом пространстве.
2. m-мерные плоскости в n-мерном аффинном пространстве. Бивектор и задание двухмерной плоскости.
3. Многообразия и римановы пространства.
4. Криволинейные координаты и тензоры в аффинных и евклидовых пространствах.
5. Параллельное перенесение тензоров и абсолютный дифференциал.
6. Геодезические линии в римановом пространстве.
7. Тензор кривизны в двухмерном римановом пространстве.
8. Вычисление тензора Римана, тензора Риччи и скалярной кривизны в метрике Фридмана-Робертсона-Уокера.
9. Вычисление тензора Римана, тензора Риччи и скалярной кривизны в сферически-симметричной метрике.
10. Вычисление тензора Римана, тензора Риччи и скалярной кривизны в плоско-симметричной метрике.
11. Вычисление тензора Римана, тензора Риччи и скалярной кривизны в цилиндрически-симметричной метрике.

Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Червон С.В., Аббязов Р.Р. Теоретические основы киральной космологической модели/ Червон С.В., Аббязов Р.Р. – Ульяновск, ФГБОУ ВПО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2014 – 76 с.

2. Кошелев Н.А., Николаев А.В., Червон С.В. Основы f(R) теории гравитаии / Кошелев Н.А., Николаев А.В., Червон С.В. – Ульяновск, ФГБОУ ВПО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2015 – 38 с.
3. С.В. Червон, И.В. Фомин, А.С. Кубасов. Скалярные и киральные поля в космологии/ С.В. Червон, И.В. Фомин, А.С. Кубасов – Ульяновск, ФГБОУ ВПО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2015 – 216 с.
4. Математический аппарат физики: в 3 ч. Ч. I. Основы дифференциального и интегрального исчисления. Учебник для вузов/ С.В. Червон и др. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016 – 275 с.

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины через сформированность образовательных результатов.

Типы контроля:

Текущая аттестация: представлена следующими работами: отчётность по лабораторным занятиям.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определённых компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: устные опросы по теории, решение задач, физические диктанты, эвристическая беседа по теме занятия, групповое обсуждение темы занятия, защита реферата или проекта, контрольная работа. Контроль усвоения материала ведётся регулярно в течение всего семестра на лабораторных занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
1	**Оценочные средства для текущей аттестации** **ОС-1** – теоретические вопросы к лабораторным занятиям; **ОС-2** – вопросы для проведения зачета (экзамена); **ОС-3** – рефераты по тематике учебной дисциплины; **ОС-4** – мультимедийная презентация по тематике учебной дисциплины;	ОР-1 знает базовую терминологию, относящуюся к тензорной алгебре и к тензорному анализу ОР-2 умеет решать стандартные задачи, связанные с ковариантным дифференцированием и движением частиц в гравитационных полях по геодезическим линиям и выводить уравнение Эйнштейна вариационным методом ОР-3 владеет методами инвариантных преобразований и техникой вычисления тензоров Римана-Кристоффеля, Риччи
2	**Оценочные средства для промежуточной аттестации** **зачёт** **ОС-5** зачет в форме устного собеседования по вопросам	

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике».

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п. 5 программы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-5 Зачет в форме устного собеседования по вопросам

Перечень вопросов к экзамену

1.Определение тензора по преобразованию базиса и инвариантным способом, как полилинейное отображение.

2. Основные операции над тензорами, их математическая и физическая значимость. Правила сложения, умножения, свертывания тензоров.

3. Определение операций симметрирования и альтернирования для тензоров произвольного типа. Свойства этих операций для тензоров второго и третьего ранга.

4. Признак тензорности (правило частного). Теорема о сохранении ранга тензорного уравнения.

5. Евклидовы и псевдоевклидовы пространства. Метрический тензор. Пространство Минковского.

6. Тензорная алгебра и криволинейные координаты в евклидовых пространствах.

7. Параллельное перенесение тензоров. Коэффициенты связности.

8. Ковариантная производная вектора и ковектора. Ковариантное дифференцирование произвольного тензора.

9. Уравнение геодезической линии.

10. Многообразия и тензорные поля.

11. Параллельный перенос вектора вдоль малой замкнутой петли как вывод тензора римановой кривизны.

12. Свойства тензора Римана и тождества Бианки. Тензор Вейля.

13. Определение тензора Риччи и скалярной кривизны. Координатный метод их вычисления.

14. Уравнения Эйнштейна для однородной и изотропной Вселенной. Частные решения для космической жидкости.

15. Вывод решения Шварцшильда. Внутренние решения. Геодезические линии в пространстве-времени Шварцшильда. Прецессия перигелия.

Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

Семестр		Посещение лекций	Посещение лабораторных занятий	Работа на лабораторных занятиях и текущий контроль	Зачет
1	Разбалловка по видам работ	1 * 1 = 1 балл	10 * 1 = 10 баллов	157 балла	32 балла
	Суммарный максимальный балл	1 балла	11 баллов	168 балла	200 баллов

По результатам промежуточных аттестаций студенту засчитывается трудоёмкость в зачётных единицах. Студент по учебной дисциплине получает отметку "зачтено" согласно следующей таблице:

	Баллы (2 зачётные единицы)
«зачтено»	101-200
«не зачтено»	0-100

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует от студентов посещения лекций, активной работы на лабораторных занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с базовыми учебниками, основной и дополнительной литературой.

Основной формой изложения материала курса являются лекции. Как правило, на лекции выносится основной программный материал курса. Часть материала выносятся для самостоятельного изучения студентами с непременным, сообщением им литературных источников и методических разработок. На практических занятиях рассматривают фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач и наиболее типичные задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на практических занятиях, студенты получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

На лекциях изучается материал по основополагающим вопросам дисциплины, раскрывается их практическая значимость. В ходе проведения лекции используются приемы и методы проблемного обучения. На практических занятиях рассматриваются методы решения прикладных задач, проводится анализ полученных результатов. В ходе практического занятия одновременно преследуется цель расширения и углубления знаний, полученных на лекции.

При изложении теоретического материала на лекции, а также при решении задач на практических занятиях для демонстрации графиков, обучающих программ и т.п. рекомендуется использовать компьютерную мультимедийную установку.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удается осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Рекомендуется после каждой лекции оформлять конспект лекций. Перед каждой лекцией прочитывать конспект предыдущей лекции, что способствует лучшему восприятию нового материала.

Лекции имеют в основном обзорный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов, а также призваны способствовать формированию навыков работы с научной литературой. Предполагается также, что студенты приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Наиболее важные разделы курса выносятся на практические занятия. На каждом занятии предлагается несколько задач. Часть задач решается на занятии с подробным обсуждением метода и полученных результатов. Остальные задачи студент решает самостоятельно. Для зачёта контрольной работы студент должен защитить все задания. Предусмотрена защита реферата.

Практическое занятие – важнейшая форма самостоятельной работы студентов над научной, учебной и периодической литературой. Именно на практическом занятии каждый студент имеет возможность проверить глубину усвоения учебного материала, показать знание категорий, положений и инструментов профессиональной деятельности. Участие в практическом занятии позволяет студенту соединить полученные теоретические знания с решением конкретных

практических задач и моделей в области профессиональной деятельности. Практические занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Конкретные пропорции разных видов работы в группе, а также способы их оценки, определяются преподавателем, ведущим занятия.

Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Результаты выполнения практических заданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендованная преподавателями литература и учебные пособия служат информационной основой и позволяют регулярно занимающимся студентам усваивать лекционный материал. Для обеспечения терминологической однозначности учебное пособие содержит словарь основных терминов, используемых в нём. Кроме того, программа курса лекций содержит вопросы для самоконтроля.

Самостоятельная работа студентов подразумевает выполнение студентами домашнего задания в виде решения необходимого минимума задач из сборника для практических занятий, консультаций и анализа их решения совместно с преподавателем.

Контроль самостоятельной (внеаудиторной) работы – написание и защита реферата, выступление с докладом на практических занятиях, решение контрольной работы.

В процессе оценивания письменных контрольных и самостоятельных работ при разделении задания на действия при оценивании за основание берётся следующая процентная шкала:
90-100 % от числа пунктов – оценка "5",
74-89 % от числа пунктов – оценка "4",
60-73 % от числа пунктов – оценка "3",
40-59 % от числа пунктов – оценка "2",
0-39 % от числа пунктов – оценка "1".
Студенту можно поставить оценку выше, если студентом оригинально выполнена работа.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендации для студента включают в себя следующее:

- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя; лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам;
- подготовку и активную работу на практических занятиях; подготовка к практическим занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы, а также выполнение заданий на самостоятельное решение задач.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям. Практическое занятие включает в себя два вида работ: подготовку сообщения и участие в обсуждении проблемы, затронутой сообщением. Основной вид работы на занятии – участие в обсуждении

проблемы.

Выступления на практических занятиях должны быть по возможности компактными и в то же время вразумительными. На практическом занятии идёт проверка степени проникновения в суть материала, обсуждаемой проблемы. Поэтому беседа будет идти не по содержанию прочитанных работ; преподаватель будет ставить проблемные вопросы.

По окончании практического занятия к нему следует обратиться ещё раз, повторив сделанные выводы, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе – для этого в течение занятия следует делать небольшие пометки. Таким образом, практическое занятие не пройдёт даром, закрепление результатов занятия ведёт к лучшему усвоению материала изученной темы и лучшей ориентации в структуре курса. Вышеприведённая процедура должна практиковаться регулярно – стабильная и прилежная работа в течение семестра будет залогом успеха на сессии.

Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы формулируются в виде заданий для самостоятельной работы, предусматривающих использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Эти задания также ориентируют на написание контрольных работ, рефератов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Подготовка к **устному докладу**.

Доклады делаются по каждой теме с целью проверки теоретических знаний обучающегося, его способности самостоятельно приобретать новые знания, работать с информационными ресурсами и извлекать нужную информацию.

Доклады заслушиваются в начале практического занятия после изучения соответствующей темы. Продолжительность доклада не должна превышать 5 минут. Тему доклада студент выбирает по желанию из предложенного списка.

При подготовке доклада студент должен изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, обязательно составить план доклада (перечень рассматриваемых им вопросов, отражающих структуру и последовательность материала), подготовить раздаточный материал или презентацию. План доклада необходимо предварительно согласовать с преподавателем.

Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста, не допускается простое чтение составленного конспекта доклада. Выступающий также должен быть готовым к вопросам аудитории и дискуссии.

Текущий контроль успеваемости и качества подготовки обучаемых может проводиться как на практических, так и лекционных занятиях. Проверку качества усвоения материала можно проводить в виде письменного или устного опроса, теста или коллоквиума по вопросам, сформулированным на основе учебных вопросов теоретического курса дисциплины.

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Основными видами аудиторной работы студентов являются:

• запись, усвоение, обсуждение лекций;
• выполнение заданий лабораторных занятиях;
• защита отчётов по лабораторным занятиям;
• решение задач;
• защита реферата или проекта;
• защита самостоятельных и контрольных работ;
• сдача зачёта.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:
• усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
• подготовка к лабораторным работам, их оформление;
• подготовка и написание рефератов на заданные темы (студенту предоставляется право выбора темы);
• составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний; перевод научных статей; подбор и изучение литературных источников;
• выполнение научных исследований;
• подготовка к участию в научно-технических конференциях.

Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:
• текущие консультации;
• получение допуска и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ);
• выбор темы реферата (в часы консультаций);
• выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, и консультирование).
• подготовка к участию в научно-технических конференциях (руководство, и консультирование).

Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится в объёмах, предусмотренных учебным планом, и регламентируется выдачей тем рефератов или научных докладов на лекционных и лабораторных занятиях с проверкой исполнения на последующих занятиях или консультациях. При выполнении рефератов руководство самостоятельной работой студентов осуществляется в форме консультаций.

Основное назначение методических рекомендаций – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, а также к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Цель самостоятельной работы студентов – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Лекционный курс (1 семестр)

Лекция 1. Тензорная алгебра в аффинном пространстве. Тензоры в евклидовом и псевдоевклидовом пространстве

Темы практических занятий (1 семестр)

Практическое занятие 1. Основные операции над тензорами. Свойства операций для тензоров второго и третьего ранга.

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 2. Тензорная алгебра и криволинейные координаты в евклидовых пространствах

План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 3. Ковариантное дифференцирование произвольного тензора.

План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 4. Ковариантное дифференцирование произвольного тензора.
План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 5. Ковариантное дифференцирование произвольного тензора.
План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 6. Римановы многообразия. Тензор кривизны Римана, его свойства и метод его вычисления. Тензор Риччи и скалярная кривизна
План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 7. Уравнения Эйнштейна для однородной и изотропной Вселенной. Частные решения для космической жидкости
План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

Практическое занятие 8. Решение Шварцшильда. Геодезические в пространстве-времени Шварцшильда.
План:

1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на практическом занятии тем, выделенных на лекции.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Основная литература

1. Акивис, М.А. Тензорное исчисление : учебное пособие / М.А. Акивис, В.В. Гольдберг. - 3-е изд., перераб. - Москва :Физматлит, 2005. - 305 с. - ISBN 5-9221-0424-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67297
2. 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. - ISBN 978-5-8353-0968-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232488

Дополнительная литература:

1.Френкель, Я.И. Курс теоретической механики на основе векторного и тензорного анализа / Я.И. Френкель. - Ленинград ; Москва : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1940. - 435 с. - ISBN 978-5-4460-7217-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=102559
2.Павленко, Ю.Г. Лекции по теоретической механике : учебник / Ю.Г. Павленко. - 2-е изд.,

перераб. - Москва :Физматлит, 2002. - 382 с. - ISBN 5-9221-0241-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69274

Интернет-ресурсы

1) biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – электронная библиотека, обеспечивающая доступ высших и средних учебных заведений, публичных библиотек и корпоративных пользователей к наиболее востребованным материалам учебной и научной литературы по всем отраслям знаний от ведущих российских издательств. Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии.
2) els.ulspu.ru – сайт ЭБС Научная библиотека Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащий ссылки на образовательные (электронно-библиотечные системы, каталог библиотечных сайтов, методические рекомендации) и научные ресурсы (научные электронные библиотеки, научные электронные издательства).
3) bibl.ulspu.ru - сайт научной библиотеки Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащие электронный каталог книг и журналов.
4) Электронная библиотека портала РФФИ http://www.rfbr.ru/,
5) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru/,
6) Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://lib.mexmat.ru/,
7) Образовательный проект А. Н. Варгина http://www.ph4s.ru/book_nano.html,
8) Международный научно-образовательный сайт EqWorld: http://eqworld.ipmnet.ru/, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm EqWorld – мир математических уравнений. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Электронная библиотека содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений, конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике. Все материалы присланы авторами и читателями или взяты из Интернета (из www архивов открытого доступа),
9) Электронная библиотека GOOGLE: http://books.google.ru/,
10) Электронная библиотека издательства "Венец" http://venec.ulstu.ru/lib/.
11) Интернет-версия журнала "Успехи физических наук" http://ufn.ru/.
12) Информационно-справочная и поисковая система http://www.phys.msu.ru/ официальный сайт физического факультета Московского государственного университета,
13) http://www.scirus.com/ поисковая система Scirus,
14) http://www.physics.ru/ сайт по физике интегрирует содержание учебных компьютерных курсов компании ФИЗИКОН, выпускаемых на компакт-дисках, и индивидуальное обучение через Интернет–тестирование и электронные консультации,
15) http://www.physbook.ru/ электронный учебник физики.
16) *Научная электронная библиотека*. Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp.
17) *Журналы института физики*. Режим доступа: http://www.iop.org/EJ/.
18) Журналы американского физического общества. Режим доступа: http://publish.aps.org/.
19) *База данных научных журналов*. Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/.
20) *Книги и журналы издательства Шпрингер*. Режим доступа: http://www.springer.com/.

Лист согласования рабочей программы
учебной дисциплины (практики)

Направление подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование
Профиль: Приоритетные направления науки в физическом образовании
Рабочая программа Тензорный анализ с приложениями в космологии и астрофизике
Составитель: С.В. Червон – Ульяновск: УлГПУ, 2023.

Программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование, утверждённого Министерством образования и науки Российской Федерации, и в соответствии с учебным планом.

Составители _____ С.В. Червон
(подпись)

Рабочая программа учебной дисциплины (практики) одобрена на заседании кафедры физики и технических дисциплин "24" мая 2023г., протокол № 10 (87)

Заведующий кафедрой
_____Шишкарев В.В_____"24" мая 2023г._____
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*

Рабочая программа учебной дисциплины (практики) согласована с библиотекой

Сотрудник библиотеки
_____ Маркова Ю.В. 23.05.23.
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования "26" мая 2023 г., протокол № 5

Председатель ученого совета факультета физико-математического и технологического образования
_____Громова Е.М._____ 26.05.2023 г._____
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*