


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности


С.Т. Князев
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143437	Системы отсчета в геодезии

Екатеринбург 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Геоинформационные технологии в решении природноресурсных и экологических задач	Код ОП 1. 21.04.03/33.01
Направление подготовки 1. Геодезия и дистанционное зондирование	Код направления и уровня подготовки 1. 21.04.03

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико-математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Согласовано:

Учебный отдел



1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ

Системы отсчета в геодезии

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины «Теория систем отсчета» и «Фундаментальное и прикладное координатно-временное обеспечение задач геодезии и дистанционного зондирования». В рамках модуля студенты получают знания об используемых в геодезических науках фундаментальных системах отсчета, их построении и преобразовании, а также о временных привязках и системах времен. Внимание уделяется методам координатно-временных привязок геодезических, фотограмметрических и других видов работ и умению применять изученные методы на практике.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория систем отсчета	3
2	Координатно-временное обеспечение	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Прекреquisиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и корреквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
Координатно-временное обеспечение	ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования

		<p>методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p>
	<p>ПК-1 - Способен изучать и моделировать процессы и явления в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования, математической интерпретации связей в моделях и процессах, определять границы применяемых моделей и допущений</p>	<p>З-1 - Знать современные достижения в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования</p> <p>У-1 - Способен самостоятельно изучать и моделировать процессы и явления в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования, математической интерпретации связей в моделях и процессах, определять границы применяемых моделей и допущений</p>
	<p>ПК-4 - Способен изучать и моделировать физические поля Земли и планет</p>	<p>З-1 - Знать физические поля Земли и планет</p> <p>У-1 - Способен самостоятельно изучать и моделировать физические поля Земли и планет</p>
Теория систем отсчета	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p>
	<p>ПК-1 - Способен изучать и моделировать процессы и явления в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования, математической интерпретации связей в моделях и процессах, определять границы</p>	<p>З-1 - Знать современные достижения в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования</p> <p>У-1 - Способен самостоятельно изучать и моделировать процессы и явления в области геодезии, геодинамики и дистанционного зондирования, математической интерпретации связей в моделях и процессах, определять границы применяемых моделей и допущений</p>

	применяемых моделей и допущений	
	ПК-4 - Способен изучать и моделировать физические поля Земли и планет	З-1 - Знать физические поля Земли и планет У-1 - Способен самостоятельно изучать и моделировать физические поля Земли и планет

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория систем отчета

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля Актуальные проблемы науки и техники

- Традиционная (репродуктивная) технология;

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Предмет. Основные задачи. Краткий исторический очерк. Содержание курса.
2	Специальная теория относительности	Системы отсчета. Принципы инвариантности. Преобразования Галилея. Противоречия классической механики и электродинамики. Относительность одновременности. Линейность преобразований координат. Преобразования координат и времени. Времениподобные и пространственноподобные интервалы. Преобразования Лоренца для скоростей. Преобразования Лоренца в векторной форме. Изменения направления скорости при переходе от одной системы отсчета к другой. Собственное и координатное время. Четырехмерные векторы в специальной теории относительности. Четырехмерные скорость и ускорение. Релятивистские действие и функция Лагранжа. Уравнения движения. Энергия и импульс. Четырехмерная сила.
3	Сведения из общей теории относительности	Искривленное пространство. Тензоры и их преобразование. Тензорная алгебра. Изменение компонент вектора при параллельном переносе в искривленном пространстве. Символы Кристоффеля и их связь с метрическим тензором. Ковариантное дифференцирование. Тензор кривизны и его свойства. Дифференциальные и интегральные операции четырехмерного тензорного анализа. Уравнения тяготения Эйнштейна. Пространственно-временная метрика при предельном переходе. Центральное- симметричное гравитационное поле.
4	Приложения теории пространственно-временных преобразований в астрономии и геодезии	Звездная абберация Барицентрическое координатное время ТСВ. Геоцентрическое координатное время ТСГ. Земное время ТТ. Временная задержка сигнала в лазерной локации ИСЗ. Доплеровское смещение частоты. Релятивистские уравнения движения. Основы квантовой теории света. Гравитационное отклонение света. Прецессия Схоутена—де Ситтера. Прецессия Лензе–Тирринга.

1.3. Программа дисциплины реализуется:
на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Не используются

Печатные издания

- 1 Шаров, Г. А. Векторное, матричное и тензорное исчисления : справочник для технических университетов / Г. А. Шаров .— Долгопрудный : Интеллект, 2014 .— 368 с. : ил. — Библиогр.: с. 366-367 (37 назв.) .— ISBN 978-5-91559-174-4.
- 2 Шази, Ж. Теория относительности и небесная механика / Жан Шази ; пер. с фр. В. В. Шуликовской ; под ред. К. В. Холшевникова .— М. ; Ижевск : Ижевский ин-т компьютерных исследований, 2011.
- 3 Электродинамика. Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля / М-во образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ин-т естеств. наук ; [сост. Е. А. Памятных].— Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014 .— 68 с.
- 4 Симанов, А. Л. Историко-философские проблемы представлений о пространстве / А. Л. Симанов, А. Ю. Сторожук ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т философии и права .— Новосибирск : [Омега-Принт], 2014 .— 249 с.
- 5 Марелье, Карл Йохан. Течение времени. Новые физические идеи = The progression of time. New physical ideas / Карл Йохан Марелье .— Санкт-Петербург : Российская Академия наук, 2015 .— 189 с.
- 6 Введение в общую теорию относительности, ее современное развитие и приложения / С. О. Алексеев, Е. А. Памятных, А. В. Урсулов и др. ; науч. ред. С. О. Алексеев] ; М-во образования и науки РФ, Урал. федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, [Ин-т естественных наук] .— Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2015 .— 378 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
- 3 SCIRUS, <http://www.scirus.com/?PTS/>
- 4 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib2.urfu.ru/rus/>
2. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Семинарские занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов	Аудитория оборудована мультимедийным проектором, компьютером и экраном	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL В Faculty EES. Договор 43-12/1864-2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilia Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1 Системы отсчета и принципы инвариантности законов природы.
- 2 Преобразования Галилея.
- 3 Противоречия классической механики и электродинамики.
- 4 Относительность одновременности.
- 5 Преобразования Лоренца: преобразования координат.
- 6 Преобразования Лоренца: времениподобные и пространственноподобные интервалы.
- 7 Преобразования Лоренца для скоростей.
- 8 Преобразования Лоренца в векторной форме.
- 9 Изменения направления скорости при переходе от одной системы отсчета к другой.
- 10 Собственное и координатное время.
- 11 Четырехмерные векторы в специальной теории относительности.
- 12 Четырехмерные скорость и ускорение.
- 13 Релятивистские действие и функция Лагранжа.
- 14 Уравнения движения свободной частицы.
- 15 Энергия и импульс.
- 16 Четырехмерная сила.
- 17 Искривленное пространство.
- 18 Тензоры и их преобразование.
- 19 Тензорная алгебра.
- 20 Изменение компонент вектора при параллельном переносе в искривленном пространстве.
- 21 Символы Кристоффеля и их связь с метрическим тензором.
- 22 Ковариантное дифференцирование.
- 23 Тензор кривизны и его свойства.
- 24 Дифференциальные и интегральные операции четырехмерного тензорного анализа.
- 25 Уравнения тяготения Эйнштейна.
- 26 Пространственно-временная метрика при предельном переходе.
- 27 Центральное-симметричное гравитационное поле.
- 28 Звездная aberrация.
- 29 Барицентрическое координатное время TCB и геоцентрическое координатное время TCG.
- 30 Геоцентрическое координатное время TCG и земное время TT.
- 31 Временная задержка сигнала в лазерной локации ИСЗ.
- 32 Доплеровское смещение частоты.
- 33 Релятивистские уравнения движения.
- 34 Основы квантовой теории света.
- 35 Гравитационное отклонение света.
- 36 Прецессия Схоутена — де Ситтера.
- 37 Прецессия Лензе–Тирринга.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Координатно-временное обеспечение

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор физико- математических наук, доцент	Заведующий кафедрой	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института естественных наук и математики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Кузнецов Эдуард Дмитриевич, Заведующий кафедрой, астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Определение систем отсчета. Создание единой системы отсчета- основная научная задача современной геодезии и астрометрии. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Преобразования систем отсчета, инварианты преобразований. Обоснование практического применения в геодезии и дистанционном зондировании инерциальных и неинерциальных систем отсчета.
P2	Математическое описание систем отсчета и их преобразования	Линейные пространства и их преобразования, «активные» и «пассивные» преобразования. Линейные операторы и их свойства. Симметрические, кососимметрические и ортогональные операторы. Способы представления линейных операторов. Приведение операторов к главным осям. Математическое описание вращений. Непрерывные вращения. Бесконечно малые преобразования. Бесконечно малые вращения.
P3	Теория инерциальных и неинерциальных систем отсчета	Выбор ориентации и начала системы отсчёта. Привязки систем отсчёта к неподвижным объектам или к поверхности реальной Земли. Звёздные каталоги: «FK - 1– 5», каталог «HIPPARCOS», обзорный каталог «TYHO». Методы полигонометрии, триангуляции, трилатерации и системы высот в геодезии. Спутниковые методы по уточнению ориентации систем отсчета с использованием современных навигационных, интерференционных, доплеровских и лазерных систем.
P4	Вращающиеся системы отсчёта небесных тел	Метрика во вращающихся системах. Угловая скорость вращения небесного тела в единицах собственного и координатного времени. Выбор основных осей и плоскостей для вращающихся небесных тел. Методы ориентации небесных систем координат. Связь между различными системами координат небесных тел.
P5	Создание единых систем отсчёта — инерциальной и наземной	Системы ICRS, ITRF-методы их создания и использования. Глобальные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС. Шкалы всемирного и координированного времени: TCB — барицентрическое координатное время, TCG — геоцентрическое координатное время, TT — земное время.

Р6	Обзор эволюции современного состояния систем отсчёта	Международная кооперация при создании и использовании систем отсчёта. Международная служба широты (МСШ), Международная служба движения полюса (МСДП), Международная служба вращения Земли (IERS), Международная служба GPS (IGS) и другие.
Р7	Элементы теории движения ИСЗ, основы космической геодезии и космической фотограмметрии	Невозмущённое и возмущённое движение, геометрические и динамические задачи космической геодезии. Космическая фотограмметрия, методы определения элементов внутреннего и внешнего ориентирования. Методы привязки результатов космической съёмки и дистанционного зондирования для Земли и небесных тел.

1.3. Программа дисциплины реализуется:
на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Не используются

Печатные издания

1. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев .— 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Академический Проект, 2013 .— 537 с.
2. Кусов, В. С. Основы геодезии, картографии и космоаэрофотосъёмки / В. С. Кусов .— 3-е изд., стер. — Москва : Издательский центр "Академия", 2014 .— 255 с.
3. Герасимов А.П. Спутниковые геодезические сети. М.: ООО «Издательство Проспект», 2012. 176 с.
4. Крылов В.И. Введение в теорию систем отсчета. М.: МИИГАиК, 2003.
5. Крылов В.И. Космическая геодезия. М.: МИИГАиК, 2002.
6. Генике, А. А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Картгеоцентр, 2004 .— 355 с.
7. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : в 2 т. / К. М. Антонович .— М. : Картгеоцентр, 2005.
8. Урмаев, М. С. Космическая фотограмметрия / М. С. Урмаев .— Москва : Недра, 1989 .— 278 с.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

- 1 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib2.urfu.ru/rus/>
2. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции; Семинарские занятия; Консультации; Самостоятельная работа студентов	Аудитория оборудована мультимедийным проектором, компьютером и экраном	Microsoft Windows 7 по программе Desktop Education ALNG LicSAPk MVL B Faculty EES. Договор 43-12/1864-2018 от 05.12.2018 Браузер Google Chrome – свободное ПО; Браузер Mozilla Firefox – свободное ПО; MS Office 2007/2010 - лицензия № 42095516, срок действия – б/с

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень примерных вопросов для зачета

- 1 Определение систем отсчета. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Преобразования систем отсчета, инварианты преобразований. Обоснование практического применения в геодезии и дистанционном зондировании инерциальных и неинерциальных систем отсчета.
- 2 Линейные пространства и их преобразования, «активные» и «пассивные» преобразования. Линейные операторы и их свойства. Симметрические, кососимметрические и ортогональные операторы. Способы представления линейных операторов. Приведение операторов к главным осям.
- 3 Математическое описание вращений. Непрерывные вращения. Бесконечно малые преобразования. Бесконечно малые вращения.
- 4 Выбор ориентации и начала системы отсчёта. Привязки систем отсчёта к неподвижным объектам или к поверхности реальной Земли.
- 5 Звёздные каталоги: «FK - 1–5», каталог «HIPPARCOS», обзорный каталог «ГУНО».
- 6 Методы полигонометрии, триангуляции, трилатерации и системы высот в геодезии.
- 7 Спутниковые методы по уточнению ориентации систем отсчета с использованием современных навигационных, интерференционных, доплеровских и лазерных систем.
- 8 Метрика во вращающихся системах. Угловая скорость вращения небесного тела в единицах собственного и координатного времени. Выбор основных осей и плоскостей для вращающихся небесных тел.
- 9 Методы ориентации небесных систем координат. Связь между различными системами координат небесных тел.
- 10 Системы ICRS, ITRF-методы их создания и использования. Глобальные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС.
- 11 Шкалы всемирного и координированного времени: TCB — барицентрическое координатное время, TCG — геоцентрическое координатное время, TT — земное время.
- 12 Международная кооперация при создании и использовании систем отсчёта. Международная служба широты (МСШ), Международная служба движения полюса (МСДП), Международная служба вращения Земли (IERS), Международная служба GPS (IGS) и другие.
- 13 Невозмущённое и возмущённое движение, геометрические и динамические задачи космической геодезии.
- 14 Космическая фотограмметрия, методы определения элементов внутреннего и внешнего ориентирования. Методы привязки результатов космической съёмки и дистанционного зондирования для Земли и небесных тел.