

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  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1147831	Дополнительные главы астрометрии и небесной механики

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Астрономия	<b>Код ОП</b> 1. 03.05.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Астрономия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 03.05.01

Программа модуля составлена авторами:

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

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Дополнительные главы астрометрии и небесной механики**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль содержит четыре дисциплины: «Координатно-временное обеспечение», «Аналитические методы небесной механики», «Спутниковые системы и технологии позиционирования» и «Современные методы небесной механики». Модуль посвящен вопросам реализации аналитических алгоритмов и методов небесной механики в современных системах компьютерной алгебры, а также затрагивает вопросы реализации и применения глобальных навигационных спутниковых систем для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

## 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	Координатно-временное обеспечение	4
2	Аналитические методы небесной механики	5
3	Современные методы небесной механики	5
4	Спутниковые системы и технологии позиционирования	4
ИТОГО по модулю:		18

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Общая астрометрия 2. Небесная механика
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Специальные главы астрофизики 2. Специальные главы астрофизики 3. Теории движения небесных тел 4. Теории движения небесных тел 5. Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии

## 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)
1	2	3
Аналитические методы небесной механики	ПК-2 - Владеет методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук	<p>З-1 - Изложить основные методы физического, математического и алгоритмического моделирования</p> <p>У-1 - Самостоятельно применять методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении поставленных задач</p>
	ПК-10 - Способен ориентироваться в актуальных результатах и использовать методы и возможности широкого круга активно развивающихся направлений астрономических исследований	<p>З-1 - Описать границы применимости аналитических методов решения небесномеханических задач</p> <p>У-1 - Способен выбирать методики решения задачи аналитическими методами механики</p> <p>П-1 - Осуществить обоснованный выбор аналитического метода решения задач небесной механики</p>
Координатно-временное обеспечение	ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками	<p>З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области</p> <p>У-1 - Самостоятельно или под руководством проводить междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками</p>
	ПК-10 - Способен ориентироваться в актуальных результатах и использовать методы и возможности широкого круга активно развивающихся направлений астрономических исследований	<p>З-2 - Сформулировать методы реализации высокоточных систем счета времени актуальными способами</p> <p>У-2 - Способен обосновать требования к системам счета времени для астрономических исследований</p> <p>П-2 - Разработать рекомендации по использованию систем счета времени при решении современных астрономических задач</p>
Современные методы небесной механики	ПК-4 - Владеет наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и	З-1 - Привести примеры основных методов наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений

	физических объектов и явлений	У-1 - Самостоятельно применять методы наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений
	ПК-12 - Способен ориентироваться и применять актуальные достижения математики и астрофизики для исследований динамики гравитирующих систем	З-5 - Сформулировать современные представления о строении Солнечной системы  У-5 - Правильно интерпретировать результаты применения математической теории устойчивости движения для Солнечной системы  П-5 - Предлагать способы применения асимптотических методов решения дифференциальных уравнений движения планет Солнечной системы
Спутниковые системы и технологии позиционирования	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе	З-1 - Характеризовать прикладные аспекты научных исследований  У-1 - Способен совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в основе прикладных аспектах научных исследований
	ПК-10 - Способен ориентироваться в актуальных результатах и использовать методы и возможности широкого круга активно развивающихся направлений астрономических исследований	З-3 - Привести примеры построения и способов использования современных систем спутникового позиционирования  У-3 - Способен определить оптимальные методы использования систем спутникового позиционирования для решения широкого круга астрономо-геодезических задач  П-3 - Сделать вывод о применимости систем спутникового позиционирования в различных районах на поверхности Земли

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Координатно-временное обеспечение**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
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**

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 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.
<b>P4</b>	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.
<b>P5</b>	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.
<b>P6</b>	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.
<b>P7</b>	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. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-4 - Владеет наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений	З-1 - Привести примеры основных методов наблюдательных и экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений У-1 - Самостоятельно применять методы наблюдательных и



				экспериментальных исследований астрономических и физических объектов и явлений
--	--	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Координатно-временное обеспечение

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Поклад, Г. Г.; Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573923> (Электронное издание)
2. ; Глобальные навигационные спутниковые системы : учебное пособие.; Институт аэронавигации, Москва; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/88416.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Болденков, Е. Н., Бакитько, Р. В., Ефименко, В. С., Косенко, В. Е., Харисов, В. Н., Перов, А. И., Дворкин, В. В., Булавский, Н. Т.; ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования; Радиотехника, Москва; 2010 (1 экз.)
2. Генике, А. А.; Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии; Картгеоцентр, Москва; 2004 (9 экз.)
3. Урмаев, М. С.; Космическая фотограмметрия : [учебник по специальности "Аэрофотогеодезия"].; Недра, Москва; 1989 (11 экз.)
4. Поклад, Г. Г.; Геодезия : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 120300 - Землеустройство и зем. кадастр и специальностям: 120301 - Землеустройство, 120302 - Зем. кадастр, 120303 - Город. кадастр.; Парадигма : Академический Проект, Москва; 2011 (25 экз.)
5. Липкин, И. А.; Спутниковые навигационные системы; Вузовская книга, Москва; 2012 (3 экз.)

### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Электронная библиотека УрФУ [orac.urfu.ru](http://orac.urfu.ru)
- 2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [study.urfu.ru](http://study.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 Электронные ресурсы образовательного портала [edu.ru](http://edu.ru).
- 2 Система астрофизических данных NASA/ADS. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

**3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****Координатно-временное обеспечение****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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Mathematica 6.0.1 Educational WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Mathematica 6.0.1 Educational WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p>	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL</p> <p>PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Аналитические методы небесной механики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
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**

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Разложения по степеням времени	Метод Коши. Ряды Ли.
P2	Метод малого параметра Ляпунова–Пуанкаре	Метод возмущений. Уравнения метода малого параметра. Исследование уравнений. Постоянные интегрирования. Движение в окрестности равновесия. Уравнения с медленными и быстрыми переменными.
P3	Метод осреднения	Замена переменных. Решение уравнений замены переменных. Ряды Ли.
P4	Метод Цайпеля	Замена переменных. Преобразование гамильтониана.
P5	Метод преобразований Ли	Замена переменных. Преобразование гамильтониана. Основные соотношения метода. Движение в окрестности равновесия.
P6	Квадратичные приближения	Использование квадратичных приближений в методах малого параметра, осреднения, Цайпеля, Ли. Исследование основных соотношений метода. Движение в окрестности равновесия.
P7	Малые знаменатели	Распределение значений знаменателей. Оценки значений знаменателей снизу. Роль малых знаменателей в практических задачах.

Р8	Математические обоснование асимптотических методов	Мажорантные функции. Сходимость разложений по степеням времени. Сходимость разложений по степеням малого параметра. Асимптотический характер метода осреднения.
----	--	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-5 - Способен вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками	З-1 - Характеризовать ключевые достижения астрономии и смежных наук в соответствующей предметной области У-1 - Самостоятельно или под руководством проводить междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Аналитические методы небесной механики

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Лагранж, ., Гохман, В. С., Дубошин, Г. Н.; Аналитическая механика; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222737> (Электронное издание)

2. Дубошин, Г. Н.; Sur la stabilité de certaines solutions particulières dans le problème du mouvement dans un milieu résistant : монография.; Издание Академии Наук СССР, Москва, Ленинград; 1935; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=471370> (Электронное издание)

## **Печатные издания**

1. Пуанкаре, А., Дубошин, Г. Н., Гребеников, Е. А.; Лекции по небесной механике; Наука, Москва; 1965 (1 экз.)
2. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Основные задачи и методы : [для университетов по специальности "Астрономия"].; Наука, Москва; 1975 (7 экз.)
3. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Аналитические и качественные методы : [учебное пособие для университетов].; Наука, Москва; 1964 (6 экз.)
4. Шарлье, К., Демин, В. Г., Щиголев, Б. М.; Небесная механика; Наука, Москва; 1966 (3 экз.)
5. Арнольд, В. И.; Математические методы классической механики; Эдиториал УРСС, Москва; 2000 (1 экз.)

## **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

- 1 Электронная библиотека УрФУ [oras.urfu.ru](http://oras.urfu.ru)
- 2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [study.urfu.ru](http://study.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. Небесная механика [Электронный ресурс] .— Электрон. дан. ([485] Мб) .— [Б. м.] : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", [2005] .— 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) .— (Электронная библиотека) .— Загл. с этикетки диска .— Доступ из сети Научной библиотеки УрГУ.— <URL:<http://lib.usu.ru/storage/1310983/>>.
2. Celestial Mechanics (приложение к монографии Beutler G. Methods of Celestial Mechanics. Vol. 1, 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.)
3. Система компьютерной алгебры TRIP, <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/trip/trip.php>.
4. Система компьютерной алгебры Piranha, <https://github.com/bluescarni/piranha>
5. Набор интеграторов гравитационной задачи N тел, NBI. <http://www.atmos.ucla.edu/~varadi>.
6. Интегратор задачи N тел Mercury 6.2. <http://www.arm.ac.uk/~jec/>.
7. Электронные ресурсы образовательного портала [edu.ru](http://edu.ru).

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Аналитические методы небесной механики**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>



		соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
--	--	--	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Современные методы небесной механики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
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**

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Элементарная небесная механика и гамильтонова механика. Квазиинтегрируемые гамильтоновы системы.
P2	Динамика одиночного резонанса	Интегрируемое приближение. Резонансные переменные «действие — угол». Возмущенная резонансная динамика.
P3	Численные инструменты для выявления хаоса	Наблюдение временной эволюции в фазовом пространстве. Показатели Ляпунова. Частотный анализ. Быстрый индикатор Ляпунова. Средний фактор экспоненциальной расходимости близких орбит
P4	Взаимодействие резонансов	Две степени свободы. Более двух степеней свободы.
P5	Вековая динамика планет	Решение Лагранжа–Лапласа. Решения более высокого порядка. Хаотическое вековое движение планет. Динамика осей вращения.
P6	Вековая динамика малых тел	Линейное интегрируемое приближение. Интегрируемое приближение Козаи. Собственные элементы. Вековые резонансы.
P7	Резонансы средних движений	Простое интегрируемое приближение. Перекрывание резонансов средних движений. Резонансные мультиплеты. Приближение модулируемого маятника.

<b>P8</b>	Трехтельные резонансы	Происхождение резонансных членов в возмущении. Трехтельные резонансные мультиплеты. Пояс астероидов и пояс Койпера. Хаотическая динамика планет-гигантов.
-----------	-----------------------	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-2 - Владеет методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук	З-1 - Изложить основные методы физического, математического и алгоритмического моделирования У-1 - Самостоятельно применять методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении поставленных задач

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Современные методы небесной механики

#### Электронные ресурсы (издания)

- Лагранж, ., Гохман, В. С., Дубошин, Г. Н.; Аналитическая механика; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222737> (Электронное издание)
- Дубошин, Г. Н.; Sur la stabilité de certaines solutions particulières dans le problème du mouvement dans un milieu résistant : монография.; Издание Академии Наук СССР, Москва, Ленинград; 1935; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=471370> (Электронное издание)
- Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439919> (Электронное издание)
- Ворович, И. И.; Лекции по динамике Ньютона. Современный взгляд на механику Ньютона и ее развитие. В 2 частях : монография. 2. ; Физматлит, Москва; 2010;

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68150> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Пуанкаре, А., Дубошин, Г. Н., Гребеников, Е. А.; Лекции по небесной механике; Наука, Москва; 1965 (1 экз.)
2. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Аналитические и качественные методы : [учебное пособие для университетов].; Наука, Москва; 1964 (6 экз.)
3. Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука, Москва; 1968 (7 экз.)
4. Ворович, И. И.; Лекции по динамике Ньютона. Современный взгляд на механику Ньютона и ее развитие Ч. 2. ; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2010 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

- 1 Электронная библиотека УрФУ [orac.urfu.ru](http://orac.urfu.ru)
- 2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [study.urfu.ru](http://study.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. Celestial Mechanics (приложение к монографии Beutler G. Methods of Celestial Mechanics. Vol. 1, 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.)
2. Система компьютерной алгебры TRIP, <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/trip/trip.php>.
3. Система компьютерной алгебры Piranha, <https://github.com/bluescarni/piranha>
4. Набор интеграторов гравитационной задачи N тел, NBI. <http://www.atmos.ucla.edu/~varadi>.
5. Интегратор задачи N тел Mercury 6.2. <http://www.arm.ac.uk/~jec/>.
- 6 Электронные ресурсы образовательного портала [edu.ru](http://edu.ru).

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Современные методы небесной механики**

### **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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p>



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Спутниковые системы и технологии**  
**позиционирования**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
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**

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

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
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные принципы действия спутниковых систем определения местоположения	Особенности геодезических измерений спутниковыми методами. Общие принципы построения глобальных спутниковых систем позиционирования.
P2	Методы измерений и вычислений, используемые в спутниковых системах определения местоположения	Абсолютные и относительные методы спутниковых измерений. Принципы разрешения неоднозначности при фазовых измерениях. Выявление пропусков фазовых циклов.
P3	Системы координат и времени, используемых в спутниковых измерениях	Роль и значение координатно-временного обеспечения для спутниковых методов определения местоположения. Координатные системы, характерные для GPS и ГЛОНАСС. Методы преобразования координатных систем для спутниковой GPS-технологии и параметры перехода.
P4	Основные источники ошибок спутниковых измерений и методы ослабления их влияния	Классификация источников ошибок, характерных для спутниковых измерений. Учет влияния внешней среды на результаты спутниковых измерений. Инструментальные источники ошибок. Геометрический фактор.
P5	Проектирование, организация и предварительная обработка спутниковых измерений	Специфика проектирования и организации спутниковых измерений. Предполетное планирование в камеральных условиях. Подготовка аппаратуры к полевым измерениям, ее транспортировка и размещение на пункте наблюдения.

<b>Р6</b>	Обработка спутниковых измерений, редуцирование и уравнивание геодезических сетей	Первичная обработка спутниковых измерений, проводимая в приемнике. Окончательная обработка спутниковых измерений. Уравнивание геодезических сетей, созданных на основе использования спутниковой технологии.
<b>Р7</b>	Использование спутниковых технологий для построения геодезических сетей	Построение глобальной опорной геодезической сети. Построение государственной геодезической сети России на основе спутниковых технологий. Создание и реконструкция городских геодезических сетей с использованием спутниковых технологий.
<b>Р8</b>	Специальные применения спутниковых геодезических измерений для решения различных геодезических задач	Геоинформационные системы. Решение геодинамических задач. Применение спутниковых технологий в прикладной геодезии. Выполнение аэросъемочных работ с использованием спутниковых координатных определений. Использование спутниковых технологий при выполнении топографических и различных специализированных съемок. Особенности решения навигационных задач с использованием спутниковых приемников. Персональные навигационные системы. Навигационные системы транспортных средств.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе	З-1 - Характеризовать прикладные аспекты научных исследований У-1 - Способен совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в основе прикладных аспектов научных исследований

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Спутниковые системы и технологии позиционирования

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Поклад, Г. Г.; Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов : учебное пособие.; Директ-Медиа,

Москва, Берлин; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573923> (Электронное издание)

2. ; Глобальные навигационные спутниковые системы : учебное пособие.; Институт аэронавигации, Москва; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/88416.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. , Бакитько, Р. В., Булавский, Н. Т., Горев, А. П., Перов, А. И., Харисов, В. Н.; ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования; Радиотехника, Москва; 2005 (11 экз.)
2. Генике, А. А.; Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии; Картгеоцентр, Москва; 2004 (9 экз.)
3. Поклад, Г. Г.; Геодезия : учебник для вузов.; Недра, Москва; 1988 (5 экз.)
4. Поклад, Г. Г.; Геодезия : учебное пособие для вузов.; Академический Проект, Москва; 2008 (5 экз.)
5. Липкин, И. А.; Спутниковые навигационные системы; Вузовская книга, Москва; 2012 (3 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1 Электронная библиотека УрФУ [oras.urfu.ru](http://oras.urfu.ru)

2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [study.urfu.ru](http://study.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. Система астрофизических данных NASA/ADS. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
2. Библиотека препринтов. <https://arxiv.org/>
- 3 Электронные ресурсы образовательного портала [edu.ru](http://edu.ru).

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Спутниковые системы и технологии позиционирования**

#### **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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL</p> <p>PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL</p> <p>PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathematica 6.0.1 Educational</p> <p>WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL</p> <p>PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p>