

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1147790	Общая астрометрия

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
2	Скрипниченко Павел Вадимович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Общая астрометрия**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из двух дисциплин: «Фундаментальная астрометрия» и «Прикладная астрометрия». Астрометрия создает опорную инерциальную пространственную систему координат и согласованный комплекс фундаментальных астрономических постоянных, реализующих связь этой системы с Землей, на основе получения координат небесных объектов и изучения неравномерности вращения Земли. Цель модуля – познакомить студентов с современными методами астрометрии. Задачи модуля – научить студентов современным методикам проведения астрометрических наблюдений и методам их обработки.

## 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	Фундаментальная астрометрия	3
2	Прикладная астрометрия	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Общая и сферическая астрономия
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Дополнительные главы астрометрии и небесной механики

## 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
Прикладная астрометрия	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области

	<p>профессиональной области</p>	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин</p>	<p>З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p> <p>П-1 - Опыт применения методов астрономических, физических и математических исследований при решении поставленных задач</p>
<p>Фундаментальная астрометрия</p>	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p>
	<p>ПК-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин</p>	<p>З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Фундаментальная астрометрия**

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
2	Скрипниченко Павел Вадимович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	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
- Скрипниченко Павел Вадимович, Старший преподаватель, 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	Общие положения	Место астрометрии в астрономии. Задачи астрометрии. Предмет и задачи геодезической астрономии. Теоретические и опорные системы отсчета. Спутниковая астрометрия. Методология астрометрии. Астрометрия в малом поле. Астрометрия в большом поле. Астрометрический инструмент как источник искажений изображения.
P2	Построение пространственно-временной системы отсчета (ПВСО)	Измерение времени в астрономии. Неравномерность вращения Земли. Установление систем измерения времени и определение параметров ориентации Земли. Создание фундаментальной и инерциальной систем координат. Теоретические основы определения координат звезд и их изменений. Определение прямых восхождений и склонений небесных тел позиционным методом. Абсолютные определения прямых восхождений (времени прохождения через меридиан). Абсолютные определения склонений. Относительные определения прямых восхождений и склонений. Определение параллаксов и собственных движений звезд. Построение инерциальной системы координат. Уточнение теории прецессии и нутации. Понятие небесного эфемеридного полюса. Построение инерциальной системы координат на основе наблюдений квазаров методами РСДБ. Международная небесная система координат ICRS. Земные геоцентрические системы координат.

		Концепция невращающегося начала отсчета. Инструменты фундаментальной астрометрии
<b>РЗ</b>	Геодезическая астрономия	<p>Предмет и задачи геодезической астрономии. Теория методов геодезической астрономии. Общие принципы определения географических координат и азимутов направлений из наблюдений светил. Выгоднейшие условия определения времени и широты в зенитальных способах астрономических определений. Выгоднейшие условия определения азимута, времени и широты в азимутальных способах астрономических определений. Особенности наблюдения светил в геодезической астрономии. Редукции астрономических наблюдений. Понятие о точных способах астрономических определений.</p> <p>Определение широты по измеренным малым разностям зенитных расстояний пар звезд в меридиане (способ Талькотта). Способы определения широты и долготы из наблюдений звезд на равных высотах (способы равных высот). Определение долготы из наблюдений пар звезд на равных высотах (способ Цингера). Определение широты из наблюдений пар звезд на равных высотах (способ Певцова). Определение астрономического азимута направления на земной предмет по наблюдениям Полярной. Приближенные способы астрономических определений. Авиационная и мореходная астрономия.</p>

### 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-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин	З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Фундаментальная астрометрия**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Огородников, К. Ф., Блажко, С. Н.; Как наблюдали небо раньше и как наблюдают его теперь; Изд-во Акад. наук СССР, Москва, Ленинград; 1938; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=105688> (Электронное издание)
2. Островский, А. Б.; Астрометрия. Учебная практика : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/68319.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Подобед, В. В.; Общая астрометрия : [учебник для ун-тов по спец. "Астрономия"].; Наука, Москва; 1982 (6 экз.)
2. Нефедьева, А. И.; Фундаментальная астрономия : Учебное пособие.; Изд-во Казан. ун-та, Казань; 1989 (3 экз.)
3. Блажко, С. Н.; Курс практической астрономии : [для университетов по специальности "Астрономия"].; Наука, Москва; 1979 (20 экз.)
4. Левитская, Т. И.; Спутниковые методы в геодезии : Учеб. пособие.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2001 (60 экз.)
5. Ковалевский, Ж., Жаров, В. Е.; Современная астрометрия; Век 2, Фрязино; 2004 (39 экз.)

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

1. ads <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

#### **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 Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2 Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

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

### **Фундаментальная астрометрия**

#### **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>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Лабораторные 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>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
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>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Прикладная астрометрия**

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
2	Скрипниченко Павел Вадимович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	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
- Скрипниченко Павел Вадимович, Старший преподаватель, 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	Астрометрия в малом поле	Фотографический метод в астрометрии. Геометрия фотографического изображения. Астрографы и фотографические камеры. Фокусное расстояние и масштаб изображения. Ошибки объектива и искажения фотографического поля изображения. Машины для измерения негативов. Методы измерения. Математические основы фотографической астрометрии. Определение экваториальных координат объектов фотографическим методом. Получение собственных движений на основе меридианных и фотографических методов. Особенности организации наблюдений и измерений при определении собственных движений и параллакса. Точность фотографических определений и факторы, ее определяющие. Методы повышения точности фотографических методов. Современные приемники излучения, применяемые для определения координат небесных объектов. Особенности построения ПЗС-изображений. Структура ПЗС-снимка. Астрометрические алгоритмы обработки цифрового изображения. Методы повышения быстродействия астрометрического программного обеспечения. Обзор существующих программных пакетов, ориентированных на обработки астрометрических снимков

<b>P2</b>	Оптическая и радиоинтерферометрия	Установление системы отсчета, связанной с внегалактическими радиоисточниками. Интерферометры в астрометрии. Оптические интерферометры. Принцип определения координат с помощью радиоинтерферометра. Определение экваториальных координат радиоисточников методом РСДБ. Радиоастрономическая система отсчета (ICRF). Проблема связи оптической и радиоастрономической систем отсчета и ее решение. Современные системы оптических и радиоинтерферометров.
<b>P3</b>	Космическая астрометрия	Дугомерные методы в космической астрометрии. Принципиальные отличия организации, наблюдений, их обработки и результатов космических методов от таковых при наземных наблюдениях. Космический эксперимент HIPPARCOS. Точность определений положений, собственных движений и параллаксов. Характеристики каталогов HIPPARCOS и TYCHO. Другие проекты космической астрометрии. Связь классической и космической систем отсчета. Проект GAYА. Тенденции развития космических методов в астрометрии. Системы координат для межпланетных перелетов. Методы построения систем координат для навигации на различных планетах Солнечной системы.
<b>P4</b>	Изучение вращения Земли	Параметры, характеризующие вращение Земли. Изменение со временем параметров вращения Земли и его причины. Неравномерность вращения Земли, Получение шкал всемирного и эфемеридного времени из наблюдений. Вековое замедление скорости вращения Земли. Координаты полюса. Вековое движение полюса. Проблема дрейфа континентов. Суперконтиненты. Связь геологических процессов с изменением географических координат пунктов наблюдений. Классические и современные методы определения параметров вращения Земли.

### 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-1 - Владеет методами астрономического, физического и математического исследований при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-	З-1 - Изложить основные методы астрономических, физических и математических исследований  У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой

			математических дисциплин	проблемы П-1 - Опыт применения методов астрономических, физических и математических исследований при решении поставленных задач
--	--	--	--------------------------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Прикладная астрометрия

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Островский, А. Б.; Астрометрия. Учебная практика : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/68319.html> (Электронное издание)
2. Пандул, И. С.; Геодезическая астрономия применительно к решению инженерно-геодезических задач; Политехника, Санкт-Петербург; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=129559> (Электронное издание)
3. Дробчик, Т. Ю.; Астрономия: лабораторный практикум : практикум.; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278346> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Нефедьева, А. И.; Фундаментальная астрономия : Учебное пособие.; Изд-во Казан. ун-та, Казань; 1989 (3 экз.)
2. Подобед, В. В.; Фундаментальная астрометрия. Установление фундаментальной системы небесных координат : [учебник для ун-тов].; Наука, Москва; 1968 (3 экз.)
3. Подобед, В. В.; Фундаментальная астрометрия. Определение координат звезд : [учебник для университетов].; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1962 (5 экз.)
4. , Подобед, В. В., Пономарев, Д. Н.; Практикум по астрометрии; Издательство Московского университета, Москва; 1989 (1 экз.)
5. Блажко, С. Н.; Курс практической астрономии : [для университетов по специальности "Астрономия"].; Наука, Москва; 1979 (20 экз.)
6. Левитская, Т. И.; Спутниковые методы в геодезии : Учеб. пособие.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2001 (60 экз.)
7. Ковалевский, Ж., Жаров, В. Е.; Современная астрометрия; Век 2, Фрязино; 2004 (39 экз.)
8. Бугославская, Е. Я.; Фотографическая астрометрия : [учебное пособие для университетов].;

Гостехиздат, Москва; 1947 (1 экз.)

9. Островский, А. Б., Кузнецов, Э. Д.; Астрометрия: учебная практика : [учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 21.03.03 "Геодезия и дистанционное зондирование", по программе специалитета по направлению подготовки 03.05.01 "Астрономия"]; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2016 (25 экз.)

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

#### **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**

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

#### **Прикладная астрометрия**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM