

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт естественных наук и математики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

В.В. Кружаев

« ___ » _____ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Образовательная программа Астрометрия и небесная механика	Код ОП 03.06.01
Направление подготовки Физика и астрономия	Код направления и уровня подготовки 03.06.01
Уровень подготовки Подготовка кадров высшей квалификации	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: № 867 от 30.07.2014 г., с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г.

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2017 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Кузнецов Эдуард Дмитриевич	доктор. физ.-мат. наук, доцент	заведующий кафедрой	кафедра астрономии, геодезии и мониторинга окружающей среды	

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета
Протокол №1 от 26.09.2017 г

Е.С.Буянова

Согласовано:

Начальник ОПНПК

О.А.Неволина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Астрометрия и небесная механика — область науки, занимающаяся исследованием геометрии и кинематики Вселенной, установлением фундаментальной небесной и земной системы координат, исследованием законов движения небесных тел (включая Землю), а также исследованием динамической эволюции систем небесных тел на различных масштабах времени. К области науки относятся также исследования гравитационных полей и формы небесных тел. Значение специальности для народного хозяйства заключается в создании системы координатно-временного обеспечения для всех отраслей деятельности, в том числе фундамента для навигации на Земле и в космосе, обеспечения прогнозирования движения космических аппаратов, небесных тел, определения параметров вращения Земли. Программа соответствует программе-минимуму кандидатского экзамена по астрометрии и небесной механике.

1.2. Язык реализации дисциплины — русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2. Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3. Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1. Готовность к решению астрономических, физических и математических проблем, возникающих при проведении научных исследований как теоретического, так и экспериментального (наблюдательного) характера.

ПК-2. Способность развития теоретических основ астрономии и физики с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

ПК-3. Готовность к анализу результатов научно-исследовательской работы, подготовке научных публикаций, рецензированию и редактированию научных статей.

ПК-4. Способность и готовность к педагогической деятельности в области профессиональной подготовки в образовательных организациях высшего образования, дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организациях.

ПК-5. Способность осуществлять разработку образовательных программ и учебно-методических материалов.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- современные научные достижения, в том числе в междисциплинарных областях;
- теоретические основы астрономии и физики с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники;

- основы педагогической деятельности в области профессиональной подготовки в образовательных организациях высшего образования, дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организациях.

Уметь:

- анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
- разрабатывать образовательные программы и учебно-методические материалы;

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;
- самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области астрофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
- решать астрономические, физические и математические проблемы, возникающие при проведении научных исследований как теоретического, так и экспериментального (наблюдательного) характера.
- развивать теоретические основы астрономии и физики с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники.
- анализировать результаты научно-исследовательской работы, подготавливать научные публикации, рецензировать и редактировать научные статьи.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)		
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6		
1.	Аудиторные занятия	4	4	4		
2.	Лекции	4	4	4		
3.	Практические занятия					
4.	Лабораторные работы					
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104		104		
6.	Промежуточная аттестация	Э	2,33	Э		
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,33	108		
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3		

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий).

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного аспиранта. (экзамен – 20 мин, зачет – 15 мин)

объем дисциплины, всего часов (экзамен – 18 часов, зачет – 4 часа)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р1	Астрометрия	Общая, практическая и фундаментальная астрометрия
Р2	Небесная механика	Задача двух тел, задача N тел, задача трех тел, аналитические и качественные методы, динамика планетных систем, теория движения искусственных спутников Земли
Р3	Разработка образовательных программ и учебно-методических материалов по астрономии	Понятие об образовательной программе. Структура и принципы разработки образовательной программы. Особенности разработки учебно-методических материалов по астрономии

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

Не предусмотрено

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

4.3.2. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

4.3.3. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4.3.4. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено

4.3.5. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1				*						*		
P2				*						*		
P3				*						*		

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1.Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. М.: Физматлит, 2010.
2. Язев С.А. Лекции о Солнечной системе.— Изд. 2-е, испр. и доп. — СПб. [и др.] : Лань, 2011 .— 381, [1] с.
3. Шази Ж. Теория относительности и небесная механика. Т. 1.— Москва ; Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2011 .— 260 с.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Ковалевский Ж. Современная астрометрия. Фрязино: Век-2, 2004.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика: основные задачи и методы. М., Наука, 1975.
3. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964.
4. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М., Наука, 1968.
5. Куликов К.А. Сферическая астрономия. М.: Наука, 1975.
6. Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. М.: Наука, 1982.
7. Киселев А.А. Теоретические основы фотографической астрометрии. М.: 1989.

7.2. Методические разработки

Не используется

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Visual Studio

7.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Цифровая библиотека по физике и астрономии ADS, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
3. Российская астрономическая сеть Астронет, <http://www.astronet.ru>
4. Сервис доступа к опубликованным астрономическим базам данных и каталогам, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

7.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Центр новых образовательных технологий УрФУ, <http://media.ls.urfu.ru/cet/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Специально оборудованные аудитории УрФУ с видеопроекционным комплексом на базе мультимедийного проектора и настольного ПК.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

Не предусмотрено

8.2.3. Примерные контрольные кейсы

Не предусмотрено

8.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.2.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Явления прецессии, нутации, абберации и рефракции. Приведение на видимое место.
2. Методы определения основных астрометрических постоянных. Теоретические связи между постоянными. Системы астрономических постоянных 1896, 1964, 1976/80 гг.
3. Геометрический, кинематический и динамический методы построения системы отсчета.
4. Измерение времени: шкала атомного времени IAT. Классические шкалы времени UTO, UT1, UT2, ET. Релятивистские шкалы времени TDT и TDB, TT, TCG, TCB.
5. Хранение и воспроизведение шкал времени и эталонных частот. Методы их распространения и синхронизации.
6. Меридианная астрометрия. Теория и устройство основных меридианных инструментов. Методы абсолютных и относительных определений координат.
7. Звездные каталоги и их систематические ошибки. Вывод фундаментальной системы звездных положений и собственных движений. Ориентировка системы координат. Относительные и сводные каталоги. Важнейшие фундаментальные каталоги.
8. Фотографическая астрометрия. Астрографы и приборы для измерения астронегативов. Измеренные и стандартные координаты. Методы Тернера и Шлезингера. Фотографические определения координат Луны, планет и ИСЗ.
9. Определение собственных движений и параллаксов звезд. Использование галактик для вывода ошибок системы собственных движений звезд.
10. Фотографические каталоги. Карта неба, каталоги Астрономического общества (AGK), каталог PPM.
11. Использование ПЗС в астрометрии.
12. Техника лазерной локации ИСЗ и Луны.
13. Методы позиционных измерений небесных объектов с помощью космических аппаратов. Проект Hipparcos.
14. Интерферометрические методы в астрометрии. Наземные и космические интерферометры.
15. Спутниковые навигационные системы. Орбитальные и наземные технические средства.
16. Радиointерферометры со сверхдлинной базой (РСДБ), устройство, принцип измерений. Корреляционная обработка сигналов в РСДБ.
17. Радиоастрономические методы определения координат объектов, неравномерности вращения Земли, движения полюсов и расстояний на поверхности Земли.
18. Небесная опорная система координат (ICRS) и земная опорная система координат (ITRF).
19. Радиолокационные и радиointерферометрические методы наблюдений тел Солнечной системы.
20. Методы согласования оптических и радиосистем координат.
21. Уравнения Эйлера, Пуассона, Лиувилля.
22. Неравномерность вращения Земли вокруг оси. Движение полюсов.
23. Инструменты для изучения вращения Земли: пассажный инструмент, зенит-телескоп, призменная астролябия, фотографическая зенитная труба, РСДБ, лазерный дальномер, системы GPS и Глонасс.

24. Интерпретация движения полюсов и неравномерности вращения Земли. Короткопериодические, сезонные, вековые вариации вращения Земли. Чандлеровское движение полюса.
25. Международная Служба Вращения Земли (IERS), ее организации и задачи. Стандарты МСВЗ (IERS).
26. Изучение прецессии и нутации оси вращения Земли методами РСДБ.
27. Невозмущенное движение. Уравнения движения в задаче двух тел и их решение. Возмущенное движение. Уравнения движения n тел и их первые интегралы. Уравнения движения в координатах Якоби.
28. Уравнения движения Эйлера и Лагранжа в оскулирующих элементах. Теория возмущенного движения. Малые параметры в теории движения планет и спутников. Промежуточные орбиты. Разложение пертурбационной функции.
29. Интегрирование с помощью рядов по степеням времени (метод неопределенных коэффициентов и метод рядов Ли).
30. Формальное интегрирование уравнений движения в элементах промежуточной орбиты методом малого параметра Ляпунова—Пуанкаре. Малые знаменатели. Резонанс.
31. Теоремы Пуанкаре о ранге и классе возмущений. Сходимость в методе малого параметра.
32. Формальное интегрирование методом осреднения. Асимптотический характер метода осреднения.
33. Канонические преобразования. Метод Гамильтона-Якоби.
34. Метод преобразований Ли в теории возмущений. Теория вековых возмущений.
35. Уравнения поступательно-вращательного движения небесных тел. – Стационарные решения этих уравнений.
36. Переменные действие—угол. Интегрируемые системы. Теорема Лиувилля Теоремы Брунса и Пуанкаре об интегрируемости задачи нескольких тел.
37. Сохранение фазового объема. Периодические орбиты. Методы Ляпунова и Пуанкаре. Функция последования.
38. Условно-периодические функции. Среднее значение. Инвариантные торы. Основные идеи метода Колмогорова — Арнольда — Мозера.
39. Основы первого и второго методов Ляпунова определения устойчивости движения. Орбитальная устойчивость. Устойчивость по Лагранжу. Устойчивость по Пуассону.
40. Ограниченная задача трех тел. Интеграл Якоби. Топология поверхностей Хилла. Устойчивость точек либрации. Семейства периодических решений вблизи точек либрации.
41. Основы теории гравитационного потенциала. Представление потенциала в виде разложения по сферическим функциям. Сходимость разложения. Гравитационный потенциал Земли, Луны, планет. Масконы.
42. Основы теории фигуры Земли. Методы определения параметров гравитационного поля и фигуры.
43. Возмущенное движение спутников. Промежуточная орбита. Возмущающие факторы в движении естественных спутников планет. Возмущающие факторы в движении искусственных спутников Земли.
44. Разложение возмущающей функции, обусловленной не центральностью гравитационного поля планеты. Возмущения от зональных гармоник. Возмущения от тессеральных и секториальных гармоник. Возмущающая функция от притяжения внешнего тела. Лунно-солнечные возмущения ИСЗ.
45. Интегрирование уравнений обобщенной задачи двух неподвижных центров. Характер движения. Формулы промежуточной орбиты. Возмущения на основе промежуточной орбиты обобщенной задачи двух неподвижных центров.
46. Задача Хилла и ее использование в теории движения.
47. Возмущения, вызываемые сопротивлением атмосферы планеты. Возмущения от светового давления и приливов в теле упругой планеты.

48. Постановка задачи определения орбит. Определение орбиты по двум положениям. Основы методов Лапласа и Гаусса определения орбиты по трем угловым наблюдениям.
49. Метод дифференциального уточнения параметров движения небесных тел из наблюдений. Метод наименьших квадратов при известной ковариационной матрице наблюдений. Метод коллокации. Метод наименьших модулей.
50. Построение условных уравнений при уточнении элементов орбит спутников из лазерных и радиотехнических наблюдений.
51. Структура Галактики. Подсистемы Галактики.
52. Кинематика Галактики. Характеристики вращения и распределений остаточных скоростей.
53. Модели Галактики и орбиты звезд в них.
54. Динамика бесстолкновительных звездных систем. Уравнение Больцмана. Интегралы движения.
55. Теория движения в поле ротационно-симметричного потенциала. Поле направлений движения.
56. Фигуры равновесия небесных тел.
57. Педагогическая деятельность в области профессиональной подготовки по геодезии в образовательных организациях высшего образования, дополнительного профессионального образования, профессиональных образовательных организациях.
58. Разработка образовательных программ и учебно-методических материалов по геодезии.