

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
1147821	Теории движения небесных тел

Екатеринбург

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

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:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Теории движения небесных тел

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины «Теория движения искусственных спутников Земли», «Динамика Солнечной системы», «Динамика планетных систем». В модуле рассматриваются современные представления о строении Солнечной системы, основы математической теории устойчивости, асимптотические методы решения дифференциальных уравнений, теория резонансных систем, аналитические и численные теории движения больших планет, результаты численного моделирования движения больших планет на космогонических интервалах времени. Часть модуля посвящена уравнениям движения, применяемым для описания движения ИСЗ и основным возмущающим факторам. Рассматриваются особенности и закономерности эволюции орбит ИСЗ.

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 движения искусственных спутников Земли	4
2	Динамика планетных систем	5
3	Динамика Солнечной системы	3
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Специальные главы астрофизики2. Междисциплинарный курсовой проект
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Методы астрономических наблюдений2. Физика межзвездной среды и радиоастрономия3. Дополнительные главы астрофизики и звездной астрономии4. Дополнительные главы астрометрии и небесной механики5. Вычислительная астрофизика и методы обработки данных

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
Динамика планетных систем	ПК-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности У-1 - Самостоятельно решать поставленные задачи
	ПК-10 - Способен ориентироваться в актуальных результатах и использовать методы и возможности широкого круга активно развивающихся направлений астрономических исследований	З-5 - Изложить основные проблемы современной небесной механики и подходы к их решению У-5 - Анализировать влияние стохастичности на небесномеханические системы П-5 - Моделировать эффекты стохастичности в планетных системах
	ПК-12 - Способен ориентироваться и применять актуальные достижения математики и астрофизики для исследований динамики гравитирующих систем	З-4 - Изложить методы исследования динамической эволюции планетных систем У-4 - Формулировать условия устойчивости планетных систем П-4 - Подготовить обзор свойств внесолнечных планетных систем
Динамика Солнечной системы	ПК-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности У-1 - Самостоятельно решать поставленные задачи П-1 - Опыт самостоятельного решения поставленных задач
	ПК-12 - Способен ориентироваться и применять актуальные достижения математики и астрофизики для исследований динамики гравитирующих систем	З-3 - Описывать свойства гравитирующих систем У-3 - Анализировать поведение гравитирующих систем на больших промежутках времени П-3 - Предлагать методы решения задач небесной механики и звездной динамики
Теория движения искусственных	ПК-9 - Способен ориентироваться в прикладных аспектах	З-1 - Характеризовать прикладные аспекты научных исследований

спутников Земли	научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе	У-1 - Способен совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в основе прикладных аспектах научных исследований
	ПК-12 - Способен ориентироваться и применять актуальные достижения математики и астрофизики для исследований динамики гравитирующих систем	З-6 - Объяснять уравнения движения искусственных спутников Земли и возмущающие факторы У-6 - Оценивать эволюцию орбиты спутника под действием возмущений П-6 - Моделировать движение искусственных спутников Земли численными методами

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория движения искусственных спутников
Земли

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

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	Системы координат	Инерциальная система координат. Вращающиеся геоцентрические системы координат. Топоцентрические системы координат. Орбитальные системы координат.
P2	Формы представления гравитационного поля Земли	Притяжение объемного тела. Основные сведения о полиномах Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Общее выражение для сферических функций. Нормированные и полностью нормированные функции Лежандра. Разложение потенциала в ряд по сферическим функциям. Различные формы записи потенциала притяжения Земли. Структура разложения потенциала Земли. Определение постоянных гравитационного поля Земли. Модели гравитационного потенциала Земли. Представление потенциала Земли системой точечных масс.
P3	Классические формы представления уравнение движения ИСЗ	Уравнения движения в прямоугольных координатах. Уравнения движения в оскулирующих кеплеровых элементах. Вывод уравнений в возмущениях канонических переменных методом Гамильтона–Якоби.
P4	Возмущающие силы в теории движения ИСЗ	Возмущения от несферичности гравитационного потенциала Земли. Возмущения от приливных деформаций центрального тела. Лунно-солнечные возмущения. Возмущения от светового давления. Возмущения от сопротивления атмосферы. Малые возмущающие факторы. Классификация орбит ИСЗ

P5	Главная проблема в теории движения ИСЗ	Возмущающая функция. Вековые возмущения. Короткопериодические возмущения. Задача Акнеса. Задачи Винти и Кислика. Задача двух неподвижных центров.
P6	Аналитические методы в теории движения ИСЗ	Вывод уравнений в возмущениях промежуточного движения обобщенным методом Лагранжа. Уравнения движения в эйлеровых элементах. Метод Цейпеля. Метод рядов и преобразований Ли (метод Хори–Депри).
P7	Представление правых частей уравнений движения в виде функции элементов орбит	Формы представления потенциала Земли в виде функции элементов орбит. Особенности вычисления лунно-солнечных возмущений.
P8	Численное моделирование движения ИСЗ	Особенности численного интегрирования уравнений движения ИСЗ. Рекуррентные алгоритмы для вычисления шаровых функций $V_{n,m}$ и их производных. Вычисление возмущений от приливных деформаций центрального тела. Особенности представления других возмущений в численном моделировании движения ИСЗ

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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория движения искусственных спутников Земли

Электронные ресурсы (издания)

1. Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439919> (Электронное издание)
2. 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)

Печатные издания

1. Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука, Москва; 1968 (7 экз.)
2. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Методы теории движения искусственных небесных тел : [учебное пособие для университетов].; Наука, Москва; 1983 (4 экз.)
3. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Основные задачи и методы : [учебное пособие для университетов].; Физматгиз, Москва; 1963 (9 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Электронная библиотека УрФУ orac.urfu.ru
- 2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ 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.
- 2 Программный комплекс «Численная модель движения ИСЗ» (разработчик НИИ Прикладной математики и механики при Томском государственном университете).
- 3 Программный комплекс Celestial Mechanics (приложение к монографии Beutler G. Methods of Celestial Mechanics. V. 1, 2. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.)
- 4 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/>>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория движения искусственных спутников Земли

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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<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>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>	Не требуется
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>	<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>Office Professional 2003 Win32</p> <p>Russian CD-ROM</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Динамика планетных систем

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

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	Законы Кеплера. Возмущенное движение. Разложение возмущающей функции.
P2	Канонические уравнения движения	Метод преобразований Ли. Канонические уравнения движения N-планетной задачи. Разделение короткопериодической и долгопериодической эволюции. Вековая эволюция системы. Проблема малых знаменателей.
P3	Основы теории регуляризации в задачах небесной механики	Преобразование Леви–Чивита. Основы теории регуляризации. Оскулирующие элементы.
P4	Механизмы формирования стохастической эволюции	Хаотическая динамика в окрестности гиперболической седловой точки. Переход от хаоса к диффузии в двумерных системах. Диффузия Арнольда.
P5	Внесолнечные планетные системы	Планеты на близких орбитах: резонанс средних движений, близкие к резонансным пары на около круговых орбитах. Нерезонансные системы с существенной вековой динамикой. Слабо взаимодействующие пары планет.
P6	Уравнения движения для внесолнечных планетных систем	Астроцентрические уравнения движения. Канонические элементы Якоби. Канонические элементы Пуанкаре. Элементы Делоне. Кеплеровы элементы.
P7	Устойчивость орбит земледобных планет	Динамические модели. Области движения земледобных планет в зоне обитаемости.

Р8	Осевое вращение землеподобных планет	Ледниковые периоды на Земле. Стабильность положения географического полюса Земли. Скорость и диапазон перемещения географического полюса.
-----------	--------------------------------------	---

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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика планетных систем

Электронные ресурсы (издания)

1. Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439919> (Электронное издание)
2. 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)
3. , Шустов, Б. М., Рыхлова, Л. В.; Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра : монография.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68834> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Основные задачи и методы : [для университетов по специальности "Астрономия"].; Наука, Москва; 1975 (7 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 opac.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.
- 2 Marcy G. W., Butler R. P., Fisher D., et al. Masses and orbital characteristics of extrasolar planets using stellar masses derived from Hipparcos, metallicity, and stellar evolution. <http://exoplanets.org>
- 3 Mayor M., Naef D., Pepe F. The Geneva extrasolar planet search programmes. <http://exoplanets.eu>
- 4 Schneider J. The extrasolar planets encyclopaedia. <http://exoplanet.eu>
- 5 Система компьютерной алгебры TRIP, <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/trip/trip.php>.
- 6 Система компьютерной алгебры Piranha, <https://github.com/bluescarni/piranha>
- 7 Набор интеграторов гравитационной задачи N тел, NBI. <http://www.atmos.ucla.edu/~varadi>.
- 8 Интегратор задачи N тел Mercury 6.2. <http://www.arm.ac.uk/~jec/>.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика планетных систем

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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	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>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
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> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Динамика Солнечной системы

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

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	Системы мира и эволюция взглядов на устойчивость Солнечной системы.
P2	Современные представления о строении Солнечной системы	Большие планеты Астероиды. Астероиды, сближающиеся с Землей. Астероидная опасность. Объекты группы Кентавра. Пояс Койпера. Облако Оорта. Долгопериодические кометы. Короткопериодические кометы. Вклад комет в астероидную опасность. Кратные кометные ядра. Метеорные потоки. Спутники планет. Спутники астероидов. Столкновения небесных тел. Уход из Солнечной системы. Формирование наблюдаемой структуры Солнечной системы.
P3	Основы теории устойчивости	Определения устойчивости по Лагранжу, по Пуассону, по Хиллу, по Ляпунову. Положение равновесия: устойчивость, асимптотическая устойчивость, неустойчивость. Устойчивость по части переменных. Орбитальная устойчивость. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Устойчивость по первому приближению. Характеристический показатель Ляпунова. Экспоненциальное разбегание траекторий. Время Ляпунова.
P4	Асимптотические методы решения уравнений движения	Асимптотические ряды. Условно-периодические функции. Альфа-резонанс. Проблема малых знаменателей. Нелинейные колебания. Выбор начального приближения. Метод преобразований Ли. Уравнения замены переменных. Решение

		уравнений замены переменных. Геометрическая интерпретация решений многочастотных систем.
P5	Резонансы в Солнечной системе	Почти соизмеримость средних движений. Резонансные системы. Основные соотношения теории резонансов. Теория одиночного резонанса. Резонанс средних движений. Люки Кирквуда. Динамика астероидов в резонансе 3/1 с Юпитером. Вековые резонансы. Захват в резонанс. Происхождение орбиты Плутона. Взаимодействие резонансов. Спутники Урана. Соизмеримость средних движений спутников планет. Хаотические резонансы. Динамика астероидов в резонансе 2/1 с Юпитером. Люк Гекубы. Хаос и устойчивость на больших временах. Астероиды группы Гильды. Резонанс 3/2 с Юпитером. Астероиды-трояницы планет-гигантов. Динамика комет семейства Юпитера. Динамика объектов во внешней области Солнечной системы
P6	Теории движения больших планет	Теория Лапласа-Лагранжа. Развитие метода осреднения. Общие теории движения планет. Аналитические теории движения планет для расчета эфемерид. Численно-аналитические теории движения планет для исследования эволюции Солнечной системы на больших интервалах времени. Первые численные теории движения больших планет. Динамические модели движения больших планет DE, EPM, INPOP. Численные теории, описывающие эволюцию больших планет Солнечной системы на длительных интервалах времени.
P7	Моделирование движения планет Солнечной системы на космогонических интервалах времени	Эволюция системы Земля-Луна. Инсоляция поверхности Земли. Эволюция наклона оси вращения Земли. Луна и происхождение жизни на Земле. Хаос в наклонах осей вращения планет. Эволюция орбит планет на космогонических интервалах времени. Сближения звезд с Солнечной системой.
P8	Внесолнечные планетные системы	Классификация внесолнечных планетных систем. Резонансы. Устойчивость орбит экзопланет. Особенности формирования.

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-3 - Способен к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности	З-1 - Характеризовать основные принципы ведения научной и научно-исследовательской деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика Солнечной системы

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)
3. Субботин, М. Ф.; Введение в теоретическую астрономию; Наука; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439919> (Электронное издание)
4. 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)
5. , Шустов, Б. М., Рыхлова, Л. В.; Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра : монография.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68834> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Дубошин, Г. Н.; Небесная механика. Основные задачи и методы : [для университетов по специальности "Астрономия"].; Наука, Москва; 1975 (7 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.)
5. , Шустов, Б. М., Рыхлова, Л. В.; Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2013 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1 Электронная библиотека УрФУ oras.urfu.ru
- 2 Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ 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.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**Динамика Солнечной системы****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	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	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	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</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>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM