



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Геодезический факультет
Кафедра астрономии и космической геодезии



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
17 февраля 2023 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
ДИСЦИПЛИНЫ АСТРОНОМИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ
«Б1.В.05.02 НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА»**

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Космическая геодезия и навигация

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года

Объем:
в зачетных единицах: 6 з.е.
в академических часах: 216 ак.ч.

Москва, 2023

Разработчики:

Заведующий кафедрой Астрономии и космической геодезии, к.н.,
доцент Крылов В. И.

Доцент кафедры Астрономии и космической геодезии, к.т.н.,
доцент Ключков А. А.

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) составлен в соответствии с требованиями
ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование,
утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	23.01.2023, № 8

1. Планируемые результаты обучения, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-10 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории

ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем

Знать:

ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

Уметь:

ПК-10.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ

Владеть:

ПК-10.1/Нв1 Владеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ

ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие

Знать:

ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения

ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории

Уметь:

ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений

ПК-10.2/Ум2 Применять методы геодезической астрономии для определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений

Владеть:

ПК-10.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах

ПК-10.2/Нв2 Навыками определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений методами геодезической астрономии

ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

Знать:

ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

Уметь:

ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников

Владеть:

ПК-10.3/Нв4 Навыками приложения фундаментальных знаний к решению производственных астрономо-геодезических задач

ПК-12 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности

ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней

Знать:

ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени

ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности

ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней

Уметь:

ПК-12.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты.

ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы

ПК-12.1/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

Владеть:

ПК-12.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них.

ПК-12.1/Нв2 Навыками деловой переписки и оформления документации для взаимодействия с поставщиками данных и операторами мониторинговых систем различных уровней

ПК-12.1/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки

Знать:

ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-12.2/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

Владеть:

ПК-12.2/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ

ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

Уметь:

ПК-12.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ

ПК-12.3/Ум6 Определять элементы предварительной орбиты ИСЗ

Владеть:

ПК-12.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ

ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности

Уметь:

ПК-12.4/Ум4 Разрабатывать и анализировать варианты технологических схем и методик выполнения геодезических работ на основе различных типов информации

Владеть:

ПК-12.4/Нв3 Математическим аппаратом преобразования геодезических данных с учетом информации, полученной на основе использования результатов космической деятельности для решения поставленной задачи

2. Показатели и критерии оценивания компетенций

Планируемые результаты освоения программы	Уровень овладения	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ по уровням освоения)
ПК-10 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории	Повышенный	ИДК ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ Уметь: ПК-10.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ Владеть: ПК-10.1/Нв1 Владеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ
ПК-10 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории	Повышенный	ИДК ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории Уметь: ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений ПК-10.2/Ум2 Применять методы геодезической астрономии для определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений

	Владеть: ПК-10.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах ПК-10.2/Нв2 Навыками определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений методами геодезической астрономии ИДК ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Уметь: ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников Владеть: ПК-10.3/Нв4 Навыками приложения фундаментальных знаний к решению производственных астрономо-геодезических задач
Базовый	ИДК ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ Уметь: ПК-10.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ
Базовый	ИДК ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения Уметь: ПК-10.2/Ум2 Применять методы геодезической астрономии для определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений

	ИДК ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Уметь: ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников
Пороговый	ИДК ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ
Пороговый	ИДК ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ИДК ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

ПК-12 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности	Повышенный	ИДК ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней Знать: ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней Уметь: ПК-12.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы ПК-12.1/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности Владеть: ПК-12.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них. ПК-12.1/Нв2 Навыками деловой переписки и оформления документации для взаимодействия с поставщиками данных и операторами мониторинговых систем различных уровней ПК-12.1/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности
---	-------------------	--

ИДК ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки

Знать:

ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-12.2/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

Владеть:

ПК-12.2/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ИДК ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ

ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

Уметь:

ПК-12.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ

ПК-12.3/Ум6 Определять элементы предварительной орбиты ИСЗ

Владеть:

ПК-12.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ

ИДК ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности

Уметь:

ПК-12.4/Ум4 Разрабатывать и анализировать варианты технологических схем и методик выполнения геодезических работ на основе различных типов информации

	Владеть: ПК-12.4/Нв3 Математическим аппаратом преобразования геодезических данных с учетом информации, полученной на основе использования результатов космической деятельности для решения поставленной задачи
Базовый	ИДК ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней Знать: ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени Уметь: ПК-12.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-12.1/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы ИДК ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки Знать: ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-12.2/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ИДК ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ

Уметь:

ПК-12.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ

ПК-12.3/Ум6 Определять элементы предварительной орбиты ИСЗ

ИДК ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности

Уметь:

ПК-12.4/Ум4 Разрабатывать и анализировать варианты технологических схем и методик выполнения геодезических работ на основе различных типов информации

Пороговый	ИДК ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней Знать: ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ИДК ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки Знать: ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности ИДК ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ ИДК ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности
-----------	---

3. Шкала оценивания

Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)
Отлично	ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-10.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ ПК-10.1/Нв1 Владеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы ПК-12.1/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности ПК-12.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них. ПК-12.1/Нв2 Навыками деловой переписки и оформления документации для взаимодействия с поставщиками данных и операторами мониторинговых систем различных уровней ПК-12.1/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие

ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения

ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории

ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений

ПК-10.2/Ум2 Применять методы геодезической астрономии для определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений

ПК-10.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах

ПК-10.2/Нв2 Навыками определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений методами геодезической астрономии

ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки

ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности

ПК-12.2/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ПК-12.2/Нв3 Навыками выполнения технологических операций по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности

ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников

ПК-10.3/Нв4 Навыками приложения фундаментальных знаний к решению производственных астрономо-геодезических задач

ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ

ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

ПК-12.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ

ПК-12.3/Ум6 Определять элементы предварительной орбиты ИСЗ

ПК-12.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ

ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности

ПК-12.4/Ум4 Разрабатывать и анализировать варианты технологических схем и методик выполнения геодезических работ на основе различных типов информации

ПК-12.4/Нв3 Математическим аппаратом преобразования геодезических данных с учетом информации, полученной на основе использования результатов космической деятельности для решения поставленной задачи

Хорошо	ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-10.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-12.1/Ум2 Составлять официальные запросы на получение космических данных в соответствии с установленными требованиями и направлять их в информационно-аналитические и мониторинговые системы ПК-12.1/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории ПК-10.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений ПК-10.2/Ум2 Применять методы геодезической астрономии для определения координат пунктов земной поверхности, а также азимутов направлений ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.2/Ум3 Выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения в профессиональной деятельности ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-10.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников
--------	--

	ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ ПК-12.3/Ум6 Определять элементы предварительной орбиты ИСЗ ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности ПК-12.4/Ум4 Разрабатывать и анализировать варианты технологических схем и методик выполнения геодезических работ на основе различных типов информации
Удовлетворительно	ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

	ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности
Неудовлетворительно	Результаты обучения не сформированы на достаточном уровне
Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)
Зачтено	ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-10.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн2 Порядок, регламент и официальные нормативные документы для формирования и направления запросов на предоставление данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.1/Зн3 Принципы формирования и направления запросов на предоставление данных, получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-12.1/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем Земли и планет, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-10.2/Зн2 Способы и методы координатно-временного обеспечения территории ПК-10.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-12.2/Зн3 Технологические операции по комплексной обработке данных, полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.3/Зн9 Методы аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.3/Зн8 Методы численного интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-10.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-10.3/Зн4 Типовые подходы для решения координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-12.4/Зн4 Методы и алгоритмы решения геодезических задач с применением данных космической деятельности
Не зачтено	Результаты обучения не сформированы на достаточном уровне

4. Контрольные мероприятия по дисциплине

Вид контроля	Форма контроля/Оценочное средство
Текущий контроль	Тестирование Практическая работа
Промежуточная аттестация	Расчетно-графическая работа Зачет Экзамен

№ п/п	Наименование раздела	Контролируем ые ИДК	Вид контроля/ используемые оценочные материалы	
			Текущий	Промежут. аттестация
1	Невозмущённое движение	ПК-10.3 ПК-12.1	Тестирование Практическая работа	Зачет Экзамен
2	Возмущённое движение	ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4	Тестирование Практическая работа	Зачет Экзамен

5. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 7 семестр.

При проведении зачета: если достигнут один из показателей:

«ПОВЫШЕННЫЙ», «БАЗОВЫЙ» или «Пороговый» - выставляется оценка «ЗАЧТЕНО».

В противном случае: если достигнут показатель «НЕДОСТАТОЧНЫЙ.» - выставляется оценка «НЕЗАЧТЕНО».

Промежуточная аттестация: Экзамен, 8 семестр.

6. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Невозмущённое движение

Контролируемые ИДК: ПК-10.3 ПК-12.1

Тема 1.1. Предмет курса. Проблемы небесной механики.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Параметры, описывающие движение ИСЗ.

Тема 1.2. Законы Ньютона и законы Кеплера.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Ориентация орбиты на небесной сфере в инерциальной системе координат

Тема 1.4. Интегрирование уравнений движения.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление постоянных интегрирования по заданным координатам и компонентам скорости спутника

Тема 1.6. Связь между элементами орбиты и постоянными интегрирования.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Какая наука называется небесной механикой?
 - 1) Наука, изучающая движение различных небесных объектов, открывая и уточняя при этом законы механики и физики.
 - 2) Наука, изучающая методы определения астрономических широт и долгот точек земной поверхности и азимутов направлений, устройство и теория инструментов, с помощью которых эти определения производятся, способы обработки результатов наблюдений.
 - 3) Наука, изучающая взаимное расположение направлений, по которым небесные светила видны из места наблюдения, и изменение этих направлений по различным причинам.
2. Что из перечисленного не является объектом изучения небесной механики?
 - 1) Устройство инструментов, с помощью которых производятся определения астрономических координат точек земной поверхности.
 - 2) Закономерности строения и развития вселенной в целом и её отдельных частей.
 - 3) Планеты солнечной системы, спутники планет, астероиды, кометы, искусственные спутники, межпланетные станции, космические аппараты
3. К какому разделу теоретической механики относится небесная механика?
 - 1) Статика.
 - 2) Динамика.
 - 3) Кинематика.
4. 1-й закон Ньютона (закон сохранения количества движения для инерциальной системы)
 - 1) Произведение массы на ускорение равно силе.
 - 2) Силы, с которыми две материальные точки действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по знаку.
 - 3) Если на материальную точку, движущуюся со скоростью v не действуют никакие внешние силы, то импульс тела в инерциальной системе постоянен.
5. 2-й закон Ньютона
 - 1) Если на материальную точку, движущуюся со скоростью v не действуют никакие внешние силы, то количество движение тела в инерциальной системе постоянно.
 - 2) Произведение массы на ускорение равно силе.
 - 3) Силы, с которыми две материальные точки действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по знаку.
6. 3-й закон Ньютона
 - 1) Если на материальную точку, движущуюся со скоростью v не действуют никакие внешние силы, то количество движение тела в инерциальной системе постоянно.
 - 2) Произведение массы на ускорение равно силе.
 - 3) Силы, с которыми две материальные точки действуют друг на друга, равны по величине и

противоположны по знаку.

7. Точечная масса или материальная точка – это...

- 1) объект, который имеет определённый размер, но бесконечно малую массу.
- 2) теоретически выбранный объект, который не имеет массы и размера.
- 3) объект, который имеет массу, но не имеет размеров.

8. 1-й закон Кеплера.

- 1) Все небесные тела движутся по кривым второго порядка, в одном из фокусов которых находится притягивающее тело.
- 2) Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.
- 3) Радиус-векторы планет в равные промежутки времени описывают равные площади.

9. 2-й закон Кеплера.

- 1) Все небесные тела движутся по кривым второго порядка, в одном из фокусов которых находится притягивающее тело.
- 2) Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.
- 3) Радиус-векторы планет в равные промежутки времени описывают равные площади.

10. 3-й закон Кеплера.

- 1) Все небесные тела движутся по кривым второго порядка, в одном из фокусов которых находится притягивающее тело.
- 2) Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит.
- 3) Радиус-векторы планет в равные промежутки времени описывают равные площади.

11. Какая система координат называется равноденственной (сидерической)?

- 1) Инерциальная система координат с началом в центре масс Земли, ось oz совмещена с осью вращения Земли, ось ox направлена в верхнюю точку экватора, ось oy дополняет систему до правой.
- 2) Инерциальная система координат с началом в центре масс Земли, ось oz совмещена с осью вращения Земли, ось ox направлена в точку весеннего равноденствия Земли, ось oy дополняет систему до правой.
- 3) Инерциальная система координат с началом в центре масс Земли, ось oz совмещена с отвесной линией, ось ox направлена в точку Юга, ось oy дополняет систему до правой.

12. В невозмущённом движении орбита спутника является...

- 1) плоской кривой второго порядка (эллипс, парабола, гипербола).
- 2) плоским кругом.
- 3) сложной фигурой, форма которой зависит от распределения масс внутри притягивающего тела.

13. В каких точках орбиты уравнение Кеплера ($E - e \sin E = M$) будет равно нулю?

- 1) В перигеуме
- 2) В апогеуме
- 3) В перигеуме и апогеуме.

Раздел 2. Возмущённое движение

Контролируемые ИДК: ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4

Тема 2.1. Возмущающие факторы.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление элементов орбиты ИСЗ по координатам и составляющим скорости

На момент времени t заданы координаты и составляющие скорости искусственного спутника Земли. Требуется вычислить элементы орбиты на тот же момент времени. В качестве

исходных данных студент использует результаты, полученные в задании № 2.

Тема 2.2. Метод Лагранжа для определения возмущений.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ

Задана система дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ с начальными условиями интегрирования.

Требуется вычислить координаты и составляющие скорости ИСЗ в конце первого шага интегрирования. Шаг интегрирования принять равным 60 секундам.

Тема 2.3. Возмущающая функция потенциала Земли.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Аргумент широты - это

1. сумма истинной и средней аномалий
2. сумма средней и эксцентрической аномалий
3. сумма истинной и эксцентрической аномалий
4. сумма истинной аномалии и аргумента перицентра

2. Если постоянная энергии отрицательна, то небесное тело движется

1. по гиперболе
2. по эллипсу
3. по параболе

3. Вектор Лапласа

1. направлен вдоль фокального параметра
2. нормален плоскости орбиты
3. лежит в плоскости орбиты и направлен в перицентр орбиты

4. Произведение геоцентрической гравитационной постоянной на эксцентриситет орбиты представляет собой

1. постоянную площадей
2. постоянную энергии
3. постоянную Лапласа

5. Если средняя аномалия ИСЗ равна 190 градусов, то эксцентрическая аномалия

1. меньше средней аномалии
2. равна средней аномалии
3. больше средней аномалии

6. Сколько дифференциальных уравнений первого порядка входит в систему дифференциальных уравнений относительного движения ИСЗ?

1. 3
2. 4
3. 5
4. 6

7. Если эксцентрическая аномалия ИСЗ равна 90 градусов, то истинная аномалия

1. меньше эксцентрической аномалии
2. равна эксцентрической аномалии
3. больше эксцентрической аномалии

8. С каким элементом орбиты связана постоянная энергии?

1. с эксцентриситетом
2. с большой полуосью
3. с наклоном орбиты
4. с аргументом перицентра

9. Частная производная функции Лагранжа по обобщённым скоростям представляет собой

1. обобщённую силу
2. обобщённый импульс
3. обобщённую скорость

10. В эллиптическом движении произведение большой полуоси орбиты на её эксцентриситет представляет собой

1. фокальный параметр
2. расстояние от геометрического центра эллипса до фокуса
3. перигейное расстояние
4. апогейное расстояние

11. Если эксцентрическая аномалия ИСЗ равна 0 градусов, то истинная аномалия

1. меньше эксцентрической аномалии
2. равна эксцентрической аномалии
3. больше эксцентрической аномалии

12. Произведение геоцентрической гравитационной постоянной на фокальный параметр представляет собой

1. квадрат орбитальной скорости
2. квадрат постоянной площадей
3. квадрат постоянной Лапласа
4. квадрат постоянной энергии

13. Вектор площадей

1. лежит в плоскости орбиты
2. нормален плоскости орбиты
3. направлен в перицентр орбиты

14. Что представляет собой фокальный параметр?

1. расстояние от спутника до геометрического центра эллипса орбиты
2. расстояние от фокуса до перицентра
3. длину нормали к линии апсид, проведённую через фокус, до пересечения с эллипсом орбиты

15. Какая пара кеплеровых элементов задаёт ориентировку плоскости орбиты в пространстве?

1. долгота восходящего узла и угол наклона
2. аргумент перицентра и средняя аномалия
3. долгота восходящего узла и аргумент перицентра
4. аргумент перицентра и угол наклона

16. Чему равно геоцентрическое склонение ИСЗ, если угол наклона невозмущённой орбиты 45 градусов, а аргумент широты 90 градусов?

1. 0 градусов
2. 30 градусов
3. 45 градусов
4. 90 градусов

17. Сколько дифференциальных уравнений второго порядка входит в систему уравнений движения трёх тел?

- 1) 6
- 2) 9
- 3) 12
- 4) 18

18. В разложении гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям стоксовы постоянные C_{nk} и S_{nk} при k , равном n , называются

- 1) зональными коэффициентами
- 2) секториальными коэффициентами

3) тессеральными коэффициентами

19. Под действием гравитационного поля Земли вековые возмущения испытывают

- 1) угловые элементы орбиты ИСЗ
- 2) позиционные элементы орбиты ИСЗ
- 3) все элементы орбиты ИСЗ

20. Какие методы являются многошаговыми численными методами интегрирования?

- 1) Рунге-Кутта, осреднения
- 2) Пикара, Пуанкаре
- 3) Адамса, Коуэлла
- 4) Эверхарта, Грэгга-Булирша-Штёра

21. Сколько интегралов получено при интегрировании дифференциальных уравнений движения трёх тел?

- 1) 6
- 2) 8
- 3) 10
- 4) 12

22. В разложении гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям стоксовы постоянные C_{nk} и S_{nk} при k , неравном 0 и n , называются

- 1) зональными коэффициентами
- 2) секториальными коэффициентами
- 3) тессеральными коэффициентами

23. Тормозящее действие атмосферы

- 1) приводит к уменьшению орбитальной скорости ИСЗ
- 2) приводит к увеличению орбитальной скорости ИСЗ
- 3) не изменяет орбитальной скорости ИСЗ

24. Какая из стоксовых постоянных характеризует полярное сжатие Земли?

- 1) J_2
- 2) J_3
- 3) C_{21}
- 4) S_{21}

25. Сколько постоянных интегрирования дают дифференциальные уравнения движения центра масс системы трёх тел?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 6

26. Вековое возмущение в долготе восходящего узла от второй зональной гармоник геопотенциала отсутствует

- 1) для экваториальных орбит
- 2) для полярных орбит
- 3) для неполярных круговых орбит

27. Элементы матрицы Лагранжа зависят

- 1) только от угловых элементов орбиты
- 2) от угловых и позиционных элементов орбиты
- 3) только от позиционных элементов орбиты

28. Какие методы относятся к аналитическим методам интегрирования?

- 1) Рунге-Кутта, Адамса
- 2) Пикара, Пуанкаре
- 3) Коуэлла, Эверхарта

29. В разложении гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям стоксовы постоянные J_n называются

- 1) зональными коэффициентами

- 2) секториальными коэффициентами
- 3) тессеральными коэффициентами

30. В каком из аналитических методов интегрирования заранее известна форма решения?

- 1) в методе последовательных приближений
- 2) в методе малого параметра
- 3) в методе осреднения

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

7 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-10.1 ПК-12.1 ПК-10.2 ПК-12.2 ПК-10.3 ПК-12.3 ПК-12.4

Вопросы/Задания:

1. Законы Кеплера.

Нужно рассказать о трёх законах Кеплера.

2. Законы Ньютона и закон всемирного тяготения.

Нужно рассказать о трёх законах Ньютона и законе всемирного тяготения.

3. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ

Нужно рассказать, что существуют различные формы записи дифференциальных уравнений движения ИСЗ.

4. Первые интегралы.

Нужно перечислить первые интегралы.

5. Две зависимости между первыми интегралами.

Нужно рассказать, что существуют условия между первыми интегралами.

6. Уравнение Кеплера.

Нужно рассказать, какие аномалии связывает уравнение Кеплера.

7. Кеплеровы элементы орбиты.

Нужно перечислить кеплеровы элементы орбиты.

8. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.

Нужно рассказать о дифференциальных уравнениях движения в прямоугольных координатах и в оскулирующих элементах орбиты.

9. Возмущающая функция от гравитационного поля Земли.

Различные формы представления гравитационного потенциала Земли.

10. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов, действующих на ИСЗ.

Возмущающие ускорения и возмущающие функции от гравитационного притяжения Луны и Солнца, от атмосферного торможения, от светового давления.

11. Аналитические методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

Аналитические методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ: метод последовательных приближений (метод Пикара), метод малого параметра (метод Пуанкаре), метод осреднения.

12. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений движения ИСЗ. Одношаговые и многошаговые методы численного интегрирования.

8 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ПК-10.1 ПК-12.1 ПК-10.2 ПК-12.2 ПК-10.3 ПК-12.3 ПК-12.4

Вопросы/Задания:

1. Классификация задач небесной механики. Законы механики, их применение в небесной механике.

Законы Кеплера, законы Ньютона, закон всемирного тяготения.

2. Определение предварительной орбиты по способу Гаусса (измерены только направления). Вывод исходных уравнений.

Определение орбиты по трём положениям небесного тела.

3. Вычисления координат и скоростей по заданным элементам орбиты.

Элементы орбиты. Связь элементов орбиты с координатами и составляющими скорости.

4. Основные формулы невозмущённого движения.

Геометрия движения небесного тела по эллиптической орбите.

5. Интегрирование уравнений движения. Первые интегралы.

Различные формы записи дифференциальных уравнений движения. Определение понятия "первые интегралы".

6. Общие сведения о возмущённом движении ИСЗ.

Основные возмущающие факторы, действующие на спутник в полёте.

7. Дифференциальные уравнения движения небесного тела в оскулирующих элементах орбиты в форме Лагранжа.

Оскулирующая орбита. Метод возмущений.

8. Разложение координат, скоростей и их функций в ряды по степеням эксцентриситета.

Принцип разложения координат, скоростей и их функций в ряды по степеням эксцентриситета.

9. Уравнение Кеплера.

Орбитальная система координат. Истинная аномалия, эксцентрическая аномалия, средняя аномалия.

10. Интегрирование дифференциальных уравнений возмущённого движения небесного тела.

Аналитические и численные методы интегрирования.