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
15 мая 2026 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) МОДУЛЬ. КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ И НАВИГАЦИИ «Б1.В.01.03 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): 2026

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2026

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

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	28.01.2026, № 14

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

ПК-4 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности

ПК-4.1 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-4.1/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-4.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты.

Владеть:

ПК-4.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них.

ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки

Знать:

ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-4.2/Ум2 Выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат.

Владеть:

ПК-4.2/Нв2 Навыками работы со специализированным геодезическим программным обеспечением для обработки космических данных, методами их визуализации

ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-4.3/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-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли

Уметь:

ПК-4.3/Ум3 Анализировать и оценивать данные, полученные на основе результатов космической деятельности

ПК-4.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ

Владеть:

ПК-4.3/Нв1 Средствами анализа данных в области изучения элементов гравитационного поля и их непосредственной связи с геодезическими данными

ПК-4.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ

ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли

Уметь:

ПК-4.4/Ум1 Уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс

Владеть:

ПК-4.4/Нв1 Владеть методикой разложения гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям

ПК-12 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории

ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем

Знать:

ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ

Уметь:

ПК-12.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ

Владеть:

ПК-12.1/Нв1 Вдадеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ

ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие

Знать:

ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения

Уметь:

ПК-12.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений

Владеть:

ПК-12.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах

ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий

Знать:

ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени

Уметь:

ПК-12.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников

Владеть:

ПК-12.3/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них

2. Показатели и критерии оценивания компетенций

Планируемые результаты освоения программы	Уровень овладения	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ по уровням освоения)
ПК-12 Способен выполнять координатно-временное и навигационное обеспечение территории	Повышенный	ИДК ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ Уметь: ПК-12.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ Владеть: ПК-12.1/Нв1 Вдадеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ ИДК ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения Уметь: ПК-12.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений Владеть: ПК-12.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах ИДК ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени Уметь: ПК-12.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников

		Владеть: ПК-12.3/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них
	Базовый	ИДК ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ Уметь: ПК-12.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ ИДК ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения Уметь: ПК-12.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений ИДК ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени Уметь: ПК-12.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников
	Пороговый	ИДК ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем Знать: ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ИДК ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие Знать: ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения

		ИДК ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий Знать: ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени
ПК-4 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности	Повышенный	ИДК ПК-4.1 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-4.1/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-4.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. Владеть: ПК-4.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них. ИДК ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки Знать: ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности Уметь: ПК-4.2/Ум2 Выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат. Владеть: ПК-4.2/Нв2 Навыками работы со специализированным геодезическим программным обеспечением для обработки космических данных, методами их визуализации

		ИДК ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли Уметь: ПК-4.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ Владеть: ПК-4.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ ИДК ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли Уметь: ПК-4.4/Ум1 Уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс Владеть: ПК-4.4/Нв1 Владеть методикой разложения гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям
	Базовый	ИДК ПК-4.1 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-4.1/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-4.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты.

		ИДК ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки Знать: ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности Уметь: ПК-4.2/Ум2 Выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат. ИДК ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли Уметь: ПК-4.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ ИДК ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли Уметь: ПК-4.4/Ум1 Уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс
	Пороговый	ИДК ПК-4.1 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-4.1/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-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки Знать: ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности ИДК ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли ИДК ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности Знать: ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли

3. Шкала оценивания

Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)
Отлично	ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ ПК-12.1/Нв1 Вдадеть навыками проведения прикладных исследований в области теории движения ИСЗ и способами определения предварительной орбиты ИСЗ ПК-4.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-4.1/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-4.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-4.1/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них.

	ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-12.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений ПК-12.2/Нв1 Математическим аппаратом вычисления специальных функций, способами использования результатов в инженерно-геодезических работах ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-4.2/Ум2 Выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат. ПК-4.2/Нв2 Навыками работы со специализированным геодезическим программным обеспечением для обработки космических данных, методами их визуализации ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников ПК-12.3/Нв1 Принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли ПК-4.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ ПК-4.3/Нв6 Методикой прогнозирования движения ИСЗ ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли ПК-4.4/Ум1 Уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс ПК-4.4/Нв1 Владеть методикой разложения гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям
Хорошо	ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-12.1/Ум1 Уметь проводить прикладные исследования в области теории движения ИСЗ и вычислять эфемериду ИСЗ

	ПК-4.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-4.1/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-4.1/Ум1 Вычислять элементы гравитационного поля по результатам запросов данных, полученных в результате космической деятельности, интерпретировать результаты. ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-12.2/Ум1 Измерять и вычислять элементы гравитационного поля, интерпретировать результаты сравнения вычисленных и измеренных значений ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-4.2/Ум2 Выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат. ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-12.3/Ум1 Визуализировать и интерпретировать элементы гравитационного поля, сравнивать с данными из внешних источников ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли ПК-4.3/Ум5 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли ПК-4.4/Ум1 Уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс
Удовлетворительно	ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-4.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-4.1/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-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли
Неудовле-творительно	Результаты обучения не сформированы на достаточном уровне
Оценка	Критерии оценивания (перечень сформированных ИДК/ЗУВ)
Зачтено	ПК-12.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем ПК-12.1/Зн1 Методы численного и аналитического интегрирования уравнений движения ИСЗ ПК-4.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней ПК-4.1/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-4.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки ПК-4.2/Зн2 Методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности ПК-12.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие ПК-12.2/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, и способы их определения ПК-4.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.3/Зн5 Теорию гравитационного поля Земли

	ПК-12.3 Разрабатывает технологии координатно-временного и навигационного обеспечения территорий ПК-12.3/Зн1 Физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени ПК-4.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности ПК-4.4/Зн1 Знать способы представления гравитационного потенциала Земли
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	Контролируемые ИДК	Вид контроля/ используемые оценочные материалы	
			Текущий	Промежут. аттестация
1	Невозмущённое движение	ПК-12.1 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4	Тестирование Практическая работа	Зачет Экзамен
2	Возмущённое движение	ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.4	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-12.1 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-4.1 ПК-4.3 ПК-4.4

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 направлении, 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 двигаются 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 двигаются 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 двигаются 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 sinE=M) будет равно нулю?

1) В перицентре

2) В апоцентре
3) В перицентре и апоцентре.

Раздел 2. Возмущённое движение
Контролируемые ИДК: ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.4

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 Cnk и Snk 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 Cnk и Snk 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) J2
2) J3
3) C21
4) S21

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 гармоники 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 Jn 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-12.1 ПК-4.1 ПК-12.2 ПК-4.2 ПК-12.3 ПК-4.3 ПК-4.4

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 гравитационого 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-12.1 ПК-4.1 ПК-12.2 ПК-4.2 ПК-12.3 ПК-4.3 ПК-4.4

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 возмущенном 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.