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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
«Б1.О.03.08 КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОДИНАМИКА»

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 21.05.01 Прикладная геодезия

Направленность(профиль) подготовки: Инженерная геодезия

Квалификация (степень) выпускника: инженер-геодезист

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 5 лет

Объем: в зачетных единицах: 8 з.е.
в академических часах: 288 ак.ч.

Москва, 2023

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

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 944

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

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3. Место дисциплины в структуре ОП

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

5. Содержание дисциплины
   5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
   5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля

6. Оценочные материалы текущего контроля

7. Оценочные материалы промежуточной аттестации

8. Порядок проведения промежуточной аттестации

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
   9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
   9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
   9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
   9.4. Оборудование и технические средства обучения

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области геодезии, на основе математических и естественнонаучных знаний для ведения профессиональной деятельности по сбору, обработке и анализу пространственной информации.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий о современном состоянии и этапах развития космической геодезии; ;
- освоение навыков в методах математической обработки наблюдений средствами космической геодезии; ;
- получение компетенций по применению методов космической геодезии применительно к решению задач прикладной геодезии; ;
- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности..

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи производственной деятельности на основе фундаментальных знаний в области геодезии

ОПК-1.1 Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий

Знать:

ОПК-1.1/Зн1 Способы построения космических геодезических сетей

Уметь:

ОПК-1.1/Ум1 Создавать проект геодезического построения

Владеть:

ОПК-1.1/Нв1 Способами априорной оценки точности геодезических построений

ОПК-1.2 Использует фундаментальные знания для решения задач профессиональной деятельности в области геодезии

Знать:

ОПК-1.2/Зн1 Задачи, решаемые геометрическим и динамическим методами космической геодезии

Уметь:

ОПК-1.2/Ум1 Вычислять невозмущённую эфемериду ИСЗ и определять элементы предварительной орбиты ИСЗ

Владеть:

ОПК-1.2/Нв1 Владеть методикой реализации общего динамического и геометрического методов космической геодезии

ОПК-1.3 Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций

Знать:

ОПК-1.3/Зн1 Теоретические положения в основе современной геодезии, практические ограничения на теоретические выводы и основы геометрии в пространстве и сфероидической геодезии на эллипсоиде

Уметь:

ОПК-1.3/Ум1 Оценивать и выводить количественные связи между изменениями геометрических и физических геодезических величин, обрабатывать и анализировать современные геодезические измерения

Владеть:

ОПК-1.3/Нв1 Методами количественного и качественного анализа геодезических данных для выявления геодинамических процессов

ОПК-1.4 Демонстрирует навыки использования современных инструментов и методов планирования и контроля проектов, связанных с осложнениями, возникающими при производстве работ

Знать:

ОПК-1.4/Зн1 Знать способы наблюдений ИСЗ и используемую для этого аппаратуру

Уметь:

ОПК-1.4/Ум1 Уметь выполнять математическую обработку наблюдений ИСЗ

Владеть:

ОПК-1.4/Нв1 Владеть способами уравнивания космических геодезических построений

ПК-2 Способен проводить научные исследования направлений развития ГНСС и их ФД

ПК-2.1 Проводит научные исследования направлений развития ГНСС и их ФД

Знать:

ПК-2.1/Зн1 Знать референцные и общеземные системы координат

Уметь:

ПК-2.1/Ум1 Уметь преобразовывать референцные системы координат в общеземные и обратно

Владеть:

ПК-2.1/Нв1 Владеть методами преобразования между референцными и общеземными координатами

ПК-2.2 Исследует и разрабатывает состав, структуру навигационных сигналов и методы их обработки в навигационной аппаратуре потребителей (НАП)

Знать:

ПК-2.2/Зн1 Методика технического перевода и средства автоматизированного перевода

Уметь:

ПК-2.2/Ум1 Формировать планы проведения исследований и создания перспективных систем и средств ГНСС и их ФД

Владеть:

ПК-2.2/Нв1 Разработка предложений по повышению надежности и исследование методов совместного использования ГЛОНАСС и зарубежных ГНСС с целью обеспечения глобальности и необходимой точности местоопределения

ПК-2.3 Разрабатывает технические проекты нормативных документов для обеспечения развития, повышения эффективности использования ГНСС

Знать:

ПК-2.3/Зн1 Устройство и принципы функционирования функциональных дополнений ГНСС и широкозонных систем дифференциальной коррекции

Уметь:

ПК-2.3/Ум1 Использовать ассистирующую информацию функциональных дополнений ГНСС и широкозонных систем дифференциальной коррекции для овышения точности и надёжности результатов позиционирования

Владеть:

ПК-2.3/Нв1 Навыками получения и применения ассистирующей информации функциональных дополнений ГНСС и широкозонных систем дифференциальной коррекции

ПК-4 Способен выполнять комплекс технологических операции по созданию продуктов профессиональной деятельности на основе использования данных геодезии, дистанционного зондирования, навигационных спутников Земли

ПК-4.1 Выполняет операции по созданию космических продуктов на основе использования данных ДЗЗ

Знать:

ПК-4.1/Зн2 Знать геодинамические явления

Уметь:

ПК-4.1/Ум2 Уметь учитывать влияние геодинамических явлений на положение пунктов земной поверхности

Владеть:

ПК-4.1/Нв2 Владеть методами наблюдения за деформациями земной коры

ПК-4.2 Координирует операции по фотограмметрической обработке данных ДЗЗ

Знать:

ПК-4.2/Зн2 Содержание и методы создания и обновления топографических и тематических карт по результатам дешифрования видеоинформации, воздушным, космическим и наземным изображениям (снимкам) фотограмметрическими методами, а также к созданию цифровых моделей местности

Уметь:

ПК-4.2/Ум2 Использовать современные технологии для создания и обновления топографических и тематических карт по результатам дешифрования видеоинформации, воздушным, космическим и наземным изображениям (снимкам) фотограмметрическими методами, а также для созданию цифровых моделей местности

Владеть:

ПК-4.2/Нв2 Навыками для создания и обновления топографических и тематических карт по результатам дешифрования видеоинформации, воздушным, космическим и наземным изображениям (снимкам) фотограмметрическими методами, а также для создания цифровых моделей местности

ПК-4.3 Выполняет дешифрирование материалов космической съемки

Знать:

ПК-4.3/Зн1 Методы дешифрирования космических снимков, классификацию объектов на снимках, особенности интерпретации различных видов данных ДЗЗ

Уметь:

ПК-4.3/Ум1 Проводить камеральное дешифрирование космических снимков с использованием геоинформационных технологий

Владеть:

ПК-4.3/Нв1 Навыками работы с программными средствами ГИС для обработки, анализа и визуализации результатов дешифрирования

ПК-4.4 Создает тематические информационные продукты на основе использования данных ДЗЗ

Знать:

ПК-4.4/Зн5 Основных факторов, влияющих на качество данных, получаемых методами ДЗ

Уметь:

ПК-4.4/Ум6 Использовать современные технологии для создания и обновления топографических и тематических карт по результатам дешифрования видеоинформации, воздушным, космическим и наземным изображениям (снимкам) фотограмметрическими методами, а также для созданию цифровых моделей местности

Владеть:

ПК-4.4/Нв6 Расчетами аэрокосмических и навигационных параметров при производстве площадной и маршрутной съемки с борта воздушного и космического летательного аппарата

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.03.08 «Космическая геодезия и геодинамика» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 6, 7.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Лекционные занятия (часы)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
6 семестр	144	4	26	26	92	Зачет
7 семестр	144	4	18	36	54	Экзамен (36)
Всего	288	8	44	62	146	36

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы		онные занятия	ческие занятия	оятельная работа	уемые результаты ия, соотнесенные с атами освоения имы

	Всего	Лекцис	Практи	Самост	Планир обучен результ програм
Раздел 1. Системы отсчёта	**32**	**5**	**5**	**22**	ОПК-1.1
Тема 1.1. Преобразование прямоугольных координат посредством вращений.	15	2	2	11	
Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.	17	3	3	11	
Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ	**30**	**4**	**4**	**22**	ОПК-1.3 ОПК-1.4
Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.	15	2	2	11	
Тема 2.2. Наблюдения в радиодиапазоне.	15	2	2	11	
Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии	**32**	**4**	**4**	**24**	ОПК-1.2
Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт.	16	2	2	12	
Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.	16	2	2	12	
Раздел 4. Теория невозмущённого движения ИСЗ	**50**	**13**	**13**	**24**	ОПК-1.2
Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ.	24	6	6	12	
Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ.	26	7	7	12	
Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ	**48**	**8**	**16**	**24**	ОПК-1.2
Тема 5.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.	15	2	5	8	
Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.	17	3	6	8	
Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.	16	3	5	8	
Раздел 6. Динамический метод космической геодезии	**30**	**5**	**10**	**15**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
Тема 6.1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.	15	2	5	8	
Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.	15	3	5	7	

Раздел 7. Элементы геодинамики	**30**	**5**	**10**	**15**	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-4.4
Тема 7.1. Наука геодинамика.	15	2	5	8	
Тема 7.2. Геодинамические явления.	15	3	5	7	
Итого	**252**	**44**	**62**	**146**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Системы отсчёта

Тема 1.1. Преобразование прямоугольных координат посредством вращений.

Преобразование прямоугольных координат с использованием углов Эйлера и Кардано.

Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.

Небесные системы координат: средние равноденственные, истинные равноденственные. Земные системы координат: средняя гринвичская, мгновенная гринвичская.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ

Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.

Фотографические наблюдения ИСЗ на фоне звёзд. Лазерные наблюдения ИСЗ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.2. Наблюдения в радиодиапазоне.

Доплеровские наблюдения ИСЗ. Радиодальномерные наблюдения ИСЗ.

Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии

Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт.

Определение компонентов вектора пункт-пункт по спутниковым наблюдениям.
Сущность геометрического метода космической геодезии. Элементы космических геодезических построений. Определение компонентов вектора пункт-пункт методом РСДБ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.

Выражения для коэффициентов при неизвестных в уравнениях поправок геометрического метода космической геодезии при различном составе измерений. Вычисление свободных членов в уравнениях поправок геометрического метода космической геодезии для различного состава измерений. Понятие о двухгрупповом методе уравнивания космических геодезических построений. Виды условий, возникающих в космических геодезических построениях.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Раздел 4. Теория невозмущённого движения ИСЗ

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ.

Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ в прямоугольных координатах. Ковариантная форма уравнений движения.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ.

Первые интегралы. Элементы орбиты ИСЗ. Соотношения между элементами орбиты и постоянными интегрирования.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ

Тема 5.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ.

Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ в прямоугольных координатах и в оскулирующих элементах орбиты.

Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Классификация возмущений в элементах орбиты ИСЗ. Возмущения в элементах орбиты ИСЗ от различных факторов.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

Понятие об аналитических и численных методах интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 6. Динамический метод космической геодезии

Тема 6.1. Уравнения поправок и их решение в динамическом методе космической геодезии.

Сущность динамического метода космической геодезии. Методика вычисления свободных членов в уравнениях поправок динамического метода космической геодезии. Методика вычисления коэффициентов перед неизвестными в уравнениях поправок динамического метода космической геодезии.

Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.

Метод РСДБ. Спутниковая альтиметрия. Наблюдения по линии спутник-спутник, спутниковая градиентометрия.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 7. Элементы геодинамики

Тема 7.1. Наука геодинамика.

Краткие сведения о динамике Земли.

Тема 7.2. Геодинамические явления.

Классификация геодинамических явлений. Тензор и эллипсоид инерции Земли. Статический приливной потенциал. Космическая геодезия и геодинамика.

6. 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, 6 семестр.

При организации и проведении промежуточной аттестации по каждой компетенции, в формировании которой участвует учебная дисциплина, кафедрой формируется примерный перечень вопросов к зачету.

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, 7 семестр.

При организации и проведении промежуточной аттестации по дисциплине, по каждой компетенции, в формировании которой участвует учебная дисциплина, кафедрой формируются экзаменационные билеты с перечнем вопросов к экзамену.

Устанавливаются следующие шкалы оценивания уровней освоения компетенций, предусмотренных рабочей программой при проведении экзамена:

«ПОВЫШЕННЫЙ» - выставляется оценка - 5 «ОТЛИЧНО»,

«БАЗОВЫЙ» - выставляется оценка - 4 «ХОРОШО»,

«ПОРОГОВЫЙ» - выставляется оценка - 3 «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»,

«НЕДОСТАТОЧНЫЙ» - выставляется оценка - 2 «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»,

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Системы отсчёта

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1

Тема 1.2. Небесные и земные системы координат.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление средних геоцентрических координат ИСЗ в системе координат стандартной эпохи по его истинным топоцентрическим координатам, заданным в системе координат эпохи наблюдения

Из обработки наблюдений искусственного спутника Земли на момент всемирного координированного времени получены истинные топоцентрические координаты ИСЗ (прямое восхождение, склонение, расстояние до спутника)

в системе координат эпохи наблюдения.

Требуется вычислить средние геоцентрические координаты ИСЗ, соответствующие положению средней точки весеннего равноденствия в стандартную эпоху J2000.0.

Геодезические координаты (геодезическая широта, геодезическая долгота, геодезическая высота)

пункта земной поверхности заданы относительно референц-эллипсоида с параметрами (большая полуось и сжатие)

Координаты центра референц-эллипсоида в системе координат общего земного эллипсоида, ориентировка осей координат референцной системы относительно системы координат общего земного эллипсоида и масштабный коэффициент заданы. Координаты мгновенного полюса относительно Международного Условного Начала и поправка за переход от всемирного согласованного времени к всемирному времени известны.

Раздел 2. Способы наблюдений ИСЗ

Контролируемые ИДК: ОПК-1.3 ОПК-1.4

Тема 2.1. Наблюдения в оптическом диапазоне.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление экваториальных топоцентрических координат ИСЗ по результатам фотографических наблюдений

С пункта земной поверхности произведено фотографирование спутника на фоне звёздного неба с фиксированием момента наблюдения. Выполнена фотолабораторная обработка негатива, осуществлена идентификация и выбор опорных звёзд, произведено измерение прямоугольных координат изображений опорных звёзд и спутника на координатно-измерительной машине. В координаты опорных звёзд введены поправки за влияние прецессии и нутации.

Требуется вычислить экваториальные топоцентрические координаты ИСЗ.

Раздел 3. Геометрический метод космической геодезии

Контролируемые ИДК: ОПК-1.2

Тема 3.1. Определение компонентов вектора пункт-пункт.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление ориентирующих углов земной хорды по наблюдениям спутника с двух пунктов земной поверхности

При выполнении уравнительных вычислений по определению компонентов вектора пункт-пункт необходимо располагать их приближёнными значениями.

Вычисление этих значений можно осуществить на основе элементарной фигуры. Элементарной фигурой называется построение, состоящее из необходимого числа измерений.

При вычислении ориентирующих углов земной хорды по измеренным направлениям пункт-спутник, выполненным с обоих пунктов, элементарной будет фигура, состоящая из двух синхронных треугольников. В этом случае задача по определению ориентирующих углов хорды (единичного вектора пункт-пункт) сводится к троекратному вычислению векторных произведений соответствующих единичных векторов (метод Вяйсяля).

Тема 3.2. Уравнения поправок и их решение в геометрическом методе космической геодезии.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. За новую стандартную эпоху в астрономии принят момент 12 часов по всемирному времени 1 января

1) 4713 г. до н.э.
2) 1 г. н.э.
3) 1900 г.
4) 2000 г.

2. Сколько условий существует между направляющими косинусами, входящими в матрицу, в формулах преобразования прямоугольных координат?

1) 2
2) 4
3) 6
4) 8

3. Период прецессии составляет примерно

1) 1год
2) 19 лет
3) 26000 лет
4) 276000 лет

4. Различие между средними и истинными равноденственными координатами одной и той же эпохи вызвано влиянием

1) прецессии
2) нутации
3) движения земных полюсов
4) вращения Земли вокруг своей оси

5. Что собой представляет радиус кривизны первого вертикала земного эллипсоида для данной точки земной поверхности?

1) длину нормали, проведённой к эллипсоиду через данную точку, от точки пересечения с эллипсоидом до данной точки
2) длину нормали, проведённой к эллипсоиду через данную точку, от точки пересечения с эллипсоидом до оси вращения эллипсоида
3) длину от геометрического центра эллипсоида до точки пересечения радиус-вектора точки с поверхностью эллипсоида
4) длину нормали, проведённой к эллипсоиду через данную точку, от точки пересечения с эллипсоидом до точки пересечения с экватором

6. В космической геодезии для измерения расстояний до ИСЗ используются

1) газовые лазеры
2) жидкостные лазеры
3) твёрдотельные лазеры
4) полупроводниковые лазеры

7. Условие компланарности не возникает, если с двух пунктов земной поверхности одновременно получены

1) два направления на ИСЗ
2) одно направление и два расстояния до ИСЗ
3) два направления и одно расстояние до ИСЗ
4) два направления и два расстояния до ИСЗ

8. При определении длин земных хорд по синхронным лазерным наблюдения ИСЗ с четырёх пунктов необходимо измерить расстояния, не менее чем

1) до трёх мгновенных положений ИСЗ
2) до четырёх мгновенных положений ИСЗ
3) до пяти мгновенных положений ИСЗ
4) до шести мгновенных положений ИСЗ

9. Время, которое показывают часы, расположенные на геоиде, называется

1) барицентрическим координатным временем
2) геоцентрическим координатным временем
3) земным временем

10. Из-за прецессии экватора точка весеннего равноденствия перемещается

1) по экватору
2) по колюру равноденственных точек
3) по эклиптике
4) по математическому горизонту

11. Главный период нутации составляет примерно

1) 1год
2) 19 лет
3) 26000 лет
4) 276000 лет

12. Различие между мгновенными гринвичскими и истинными равноденственными координатами одной и той же эпохи вызвано влиянием

1) прецессии
2) нутации
3) движения земных полюсов
4) вращения Земли вокруг своей оси

13. Сколько параметров, как правило, используют для связи референцной и общеземной систем координат?

1) 3
2) 5
3) 7
4) 9

14. В астрономической фотографической установке АФУ-75 реализована

1) двухосная монтировка
2) трёхосная монтировка
3) четырёхосная монтировка

15. Ось η идеальной системы координат в плоскости снимка представляет собой

1) проекцию полукруга склонения точки пересечения оптической оси со сферой
2) проекцию полукруга склонения ИСЗ
3) проекцию полукруга склонения опорной звезды
4) проекцию небесного меридиана

Раздел 4. Теория невозмущённого движения ИСЗ

Контролируемые ИДК: ОПК-1.2

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения ИСЗ.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Как формулируется первый закон Кеплера?

1. Отношение квадратов периодов обращения планет вокруг Солнца пропорционально отношению кубов больших полуосей их орбит
2. Площадь, заметаемая гелиоцентрическим радиус-вектором планеты, пропорциональна времени
3. Каждая планета солнечной системы движется по эллипсу вокруг Солнца, находящегося в одном из его фокусов.

2. 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

3. Если постоянная энергии отрицательна, то небесное тело движется

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

4. Как формулируется второй закон Кеплера?

1. Отношение квадратов периодов обращения планет вокруг Солнца пропорционально отношению кубов больших полуосей их орбит
2. Площадь, заметаемая гелиоцентрическим радиус-вектором планеты, пропорциональна времени
3. Каждая планета солнечной системы движется по эллипсу вокруг Солнца, находящегося в одном из его фокусов.

5. Вектор Лапласа

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

6. Уравнение Кеплера связывает

1. истинную и эксцентрическую аномалии
2. среднюю и эксцентрическую аномалии

3. истинную и среднюю аномалии

7. Произведение геоцентрической гравитационной постоянной на эксцентриситет орбиты представляет собой

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

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

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

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

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

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

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

11. С каким элементом орбиты связана постоянная энергии?

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

12. Частная производная функции Лагранжа по обобщённым скоростям представляет собой

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

13. 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

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

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

15. 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

16. Вектор площадей

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

17. 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

18. 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

19. 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

Тема 4.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление элементов невозмущённой орбиты по наблюдениям спутника с пункта земной поверхности

Пусть с пункта земной поверхности, координаты которого известны, выполнены наблюдения искусственного спутника Земли и определены топоцентрические направления и расстояния до трёх его мгновенных положений. В результате вычислены геоцентрические прямоугольные координаты этих мгновенных положений. Требуется вычислить элементы орбиты спутника. Для решения подобной задачи разработано много методов определения орбит. Наиболее широко используемым является классический метод Гаусса. Здесь приводится алгоритм модифицированного метода Гаусса.

Раздел 5. Теория возмущённого движения ИСЗ

Контролируемые ИДК: ОПК-1.2

Тема 5.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

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

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

2. 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

3. Функция тени принимает максимальное значение, если

1) ИСЗ находится в тени Земли
2) ИСЗ находится вне тени Земли
3) ИСЗ освещается частью поверхности Солнца

4. Под действием гравитационного поля Земли вековые возмущения испытывают

1) угловые элементы орбиты ИСЗ

2) позиционные элементы орбиты ИСЗ
3) все элементы орбиты ИСЗ

5. Какие методы являются многошаговыми численными методами интегрирования?

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

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

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

7. 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

8. Тормозящее действие атмосферы

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

9. Какая из стоксовых постоянных характеризует полярное сжатие Земли?

1) J2
2) J3
3) C21
4) S21

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

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

11. Сколько вещественных параметров задействовано в потенциальной функции двух неподвижных центров?

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

12. 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

13. Элементы матрицы Лагранжа зависят

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

14. Какие методы относятся к аналитическим методам интегрирования?

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

15. В разложении гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям стоксовы постоянные Jn называются

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

16. Импульс и энергия фотона зависят

1) от частоты излучения
2) от массы
3) от скорости движения приёмника излучения

17. Долгопериодической называется часть возмущающей функции, зависящая

1) от истинной аномалии
2) от аргумента широты
3) от аргумента перицентра
4) от средней аномалии

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

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

Тема 5.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения ИСЗ.

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 соствляющие скорости ИСЗ в конце первого шага интегрирования.

Раздел 6. Динамический метод космической геодезии

Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

Тема 6.2. Современные методы космической геодезии.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление координат земного полюса по наблюдениям квазаров

Метод радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ) используется для определения параметров вращения Земли.

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

6 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-4.1 ПК-2.2 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-4.3 ПК-4.4

Вопросы/Задания:

1. Небесные координаты.

Классификация систем координат.

2. Земные системы координат.

Классификация систем координат.

3. Геодезические системы координат.

Классификация систем координат.

4. Лазерный способ наблюдений ИСЗ

Пыринцип действия лазера, блок-схема лазерного дальномера

5. Доплеровские наблюдения ИСЗ.

Эффект Доплера.

6. Кодовые и фазовые псевдодальности.

Принцип функционирования ГНСС.
Три сегмента ГНСС.

7. Уравнения связи при определении компонентов вектора пункт-пункт по спутниковым наблюдениям.

Сущность геометрического метода космической геодезии.
Синхронизация наблюдений.

8. Классификация координатных систем. Связь прямоугольных и полярных координат.

Классификация координатных систем:
по положению начала систем координат;
по положению основной плоскости;
по ориентировке оси абсцисс,
по виду.

9. Преобразование прямоугольных координат с использованием углов Эйлера.

Матрицы вращения.
Формирование матриц вращения при поворотах вокруг различных осей.

10. Преобразование прямоугольных координат с использованием углов Кардано.

Матрицы вращения,
Матрицы вращения при поворотах относительно различных осей.

11. Движение среднего и истинного полюсов, экватора и эклиптики под влиянием прецессии и нутации.

Явления прецессии, нутации.

12. Связь между истинными равноденственными и мгновенными гринвичскими координатами.

Истинные равноденственные системы координат.
Мгновенные гринвичские системы координат.

13. Общеземная и референцные системы координат; связь между ними.

Общеземная система координат.
Референцные системы координат.

7 семестр, Экзамен

Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-1.4 ПК-2.1 ПК-4.1 ПК-2.2 ПК-4.2 ПК-2.3 ПК-4.3 ПК-4.4

Вопросы/Задания:

1. Фундаментальное уравнение космической геодезии.

Нужно показать рисунок и выписать формулу в векторном виде.

2. Преобразование прямоугольных координат с использованием углов Эйлера.

Рассматриваются две прямоугольные трёхмерные системы координат с общим началом и с осями, имеющими разную ориентировку в пространстве.

3. Общая схема астрометрической обработки наблюдений ИСЗ способом Тернера.

Нужно рассказать фотографических наблюдениях ИСЗ.

4. Понятие о методе спутниковой альтиметрии.

Нужно рассказать об этапах рвития спутниковой альтиметрии в нашей стране.

5. Релятивистские системы координат и релятивистские шкалы времени.

Нужно дать краткое содержание специальной теории относительности и общей теории относительности.

6. Различные формы записи дифференциальных уравнений невозмущённого движения ИСЗ.

Нужно рассказать о законах Кеплера, о законах Ньютона и о законе всемирного тяготения.

7. Первые интегралы

В результате интегрирования дифференциальных уравнений движения ИСЗ получаются шесть первых интегралов и шесть произвольных постоянных.

8. Геометрия движения ИСЗ по эллиптической орбите.

На основе двух определений эллипса выводятся основные формулы, связывающие параметры эллиптического движения.

9. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ в прямоугольных координатах.

Нужно пояснить, чем модель возмущённого движения ИСЗ отличается от модели невозмущённого движения.

10. Дифференциальные уравнения возмущённого движения ИСЗ в оскулирующих элементах орбиты.

Нужно дать понятие о методе возмущений.

11. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Возмущающая функция от гравитационного потенциала Земли.
Вомущающие ускорения и возмущающие функции от притяжения Луны и Солнца.
Приливные возмущающие функции от Луны и Солнца.
Возмущающие ускорения и возмущающая функция от светового давления Солнца.
Возмущающие ускоренния от сопротивления атмосферы.
Релятивистские возмущающие ускорения.

12. Уравнения поправок в геометрическом методе космической геодезии.

Сущность геометрического метода космической геодезии.
Уравнения связи для различного различного состава измерений.
Переход от уравнений связи к уравнениям поправок.

13. Виды условий, возникающих в космических геодезических построениях.

Уравнивание космических геодезических построений методом условий с дополнительными неизвестными.
Классические и специфические условия, возникающие в космических геодезических построениях.

14. Уравнения поправок в динамическом методе космической геодезии.

Сущность динамического метода космической геодезии.
Принцип вывода уравнений поправок в динамическом методе космической геодезии.

15. Уравнения поправок в методе РСДБ.

Сущность метода РСДБ.
Уравнения связи в методе РСДБ.
Переход к уравнениям поправок в методе РСДБ.

16. Уравнения поправок в методе спутниковой градиентометрии.

Сущность метода спутниковой градиентометрии.

17. Методика вычисления геоцентрических координат ИСЗ по его топоцентрическим координатам.

Системы координат, использующиеся при решении задач космической геодезии, их классификация.

18. Методика вычисления ориентирующих углов земной хорды методом Вяйсяля.

Пояснить, что собой представляют ориентирующие углы земной хорды.
Элементарная фигура для вычисления ориентирующих углов.
Вычисление ориентирующих углов методами Вяйсяля и Вейса.

19. Методика вычисления элементов орбиты модифицированным методом Гаусса. Кеплеровы элементы орбиты.

20. Методика вычисления эфемериды ИСЗ.

Эфемерида.

Связь элементов орбиты с постоянными интегрирования.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Крылов В.И. Координатно-временные преобразования в геодезии: учебное пособие. - М.: Изд-во МИИГАиК, 2014. - 90 с., ил.
2. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть первая: невозмущённое движение).: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2015. - 52 - Текст: непосредственный.
3. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть вторая: возмущённое движение).: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2016. - 67 - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Крылов В.И. Космическая геодезия: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2002. - 168 - Текст: непосредственный.
2. В.И. Крылов. Космическая геодезия и геодинамика: Практикум по выполнению практических заданий. - М.: МИИГАиК, 2016. - 31 с.

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

1. https://www.garant.ru - Информационно-правовой портал "Гарант"

Ресурсы «Интернет»

Не используются.

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Смешанный тип

Интерактивная панель - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.