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)
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ
«Б1.В.02.ДВ.03.02 МЕТОДЫ АЭРО И КОСМИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Аэрокосмические съёмки и фотограмметрия

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 4 з.е.
в академических часах: 144 ак.ч.

Москва, 2023

Разработчики:

Преподаватель кафедры Астрономии и космической геодезии
Рахманов А. С.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена 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

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 - заключается в изучении идей, на которых основано определение орбит, а не рассмотрение всевозмоных методов решения комбинаций наблюдаемых данных

Задачи изучения дисциплины:

- Планирование маршрута полета космического аппарата (КА) или искусственного спутника Земли (ИСЗ) и разработка наилучшей траектории ее полета;
- Пути и способы решения задачи определения орбит (эллиптические и гиперболические орбиты задачи двух тел), разработанных Лагранжем, Лапласом, Гауссом и Гиббсом;
- Определение фактического положения космического аппарата (КА) или искусственного спутника Земли (ИСЗ) в реальном времени в ходе движения космического аппарата (КА);
- Пути повышения точности фактической траектории полета космического аппарата (КА) или искусственного спутника Земли (ИСЗ).

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-6 Способен выполнять комплекс работ по планово-высотной подготовке материалов аэрокосмических и наземных фотограмметрических съемок

ПК-6.1 Планирует работы по планово-высотной подготовке материалов аэрокосмических и наземных фотограмметрических съемок

Знать:

ПК-6.1/Зн3 Планирование производственных задач в профессиональной области

Уметь:

ПК-6.1/Ум3 Планировать производственные задачи в профессиональной области

Владеть:

ПК-6.1/Нв2 Навыками составления технических заданий и программ работ

ПК-6.1/Нв4 Навыками планирования производственных задач в профессиональной области

ПК-6.2 Организовывает и выполняет работы по планово-высотной подготовке материалов аэрокосмических и наземных фотограмметрических съемок

Знать:

ПК-6.2/Зн4 Методики, методы и технологии подготовки планово-высотной основы для привязки данных дистанционного зондирования

ПК-6.2/Зн5 Методы преобразования координат из различных систем

ПК-6.2/Зн6 Требования к точности получения конечных данных

Уметь:

ПК-6.2/Ум3 Применять практические аспекты решения задач в профессиональной области

ПК-6.2/Ум4 Работать на специализированном оборудовании, используя специализированное программное обеспечение

ПК-6.2/Ум5 Выполнять определения координат и высот точек планово-высотного основания

Владеть:

ПК-6.2/Нв3 Навыками теоретического и практического решения задач в профессиональной области

ПК-6.2/Нв4 Анализ обеспеченности района работ планово-высотной основой

ПК-6.2/Нв5 Выбор и обоснование метода Анализ комплекта поставки материалов ДЗЗ геодезической привязки данных дистанционного зондирования

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.02.ДВ.03.02 «Методы аэро и космической навигации» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 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)
7 семестр	144	4	15	45	84	Зачет
Всего	144	4	15	45	84	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лекционные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Системы единиц и констант	**17**	**2**	**5**	**10**	ПК-6.1 ПК-6.2
Тема 1.1. Система единиц и констант	17	2	5	10	
Раздел 2. Эфемериды наблюдений и системы координат	**38**	**4**	**10**	**24**	ПК-6.1 ПК-6.2

Тема 2.1. Эфемериды наблюдений и системы координат	38	4	10	24	
Раздел 3. Принципы определения и выбора орбит	**44**	**4**	**15**	**25**	ПК-6.1 ПК-6.2
Тема 3.1. Принципы определения и выбора орбит	44	4	15	25	
Раздел 4. Методы предварительного определения орбит	**45**	**5**	**15**	**25**	ПК-6.1 ПК-6.2
Тема 4.1. Методы предварительного определения орбит	45	5	15	25	
Итого	**144**	**15**	**45**	**84**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Системы единиц и констант

Тема 1.1. Система единиц и констант

Орбита как набор постоянных. Гауссова или гелиоцентрическая гравитационная постоянная. Астрономическая единица. Размерности, единицы и отношения единиц. Эталонные значения, поправки, погрешности и соотношения. Система гелиоцентрических постоянных GS. Геоцентрическая гравитационная постоянная GM. Система геоцентрических постоянных. Геоцентрическая система постоянных GE. Геодезические и гравитационные постоянные. Постоянные Луны. Постоянные планет.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Раздел 2. Эфемериды наблюдений и системы координат

Тема 2.1. Эфемериды наблюдений и системы координат

Системы координат и времени. Динамический центр и точка наблюдения. Экваториальные сферические координаты и скорости. Азимутальная или горизонтальная система координат. Всемирное, эфемеридное и атомное время. Юлианская дата и ее модификация. Звездное время. Геоцентрические координаты и скорости точки наблюдения. Геоцентрический параллакс. Геоцентрические координаты и скорости Солнца. Гелиоцентрические прямоугольные координаты планет. Гелиоцентрические прямоугольные координаты Луны. Прецессия. Нутация. Вариация широты идолготы. Планетная абберация. Звездная величина и яркость объекта. Наблюдаемость данных.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Раздел 3. Принципы определения и выбора орбит

Тема 3.1. Принципы определения и выбора орбит

Определение и выбор орбит. Начальные положения и скорость. Высота апекса и апогея. Дальность и время полета. Два положения. Задание параметра или эксцентриситета орбиты. Определение орбиты по заданной стартовой скорости, главной полуоси, высоты апекса и угол разворота траектории в точке старта. Орбита миниальной скорости. Стартовая и посадочная скорости. Время перелета Земля-Луна. Перигей и афелий. Скорость и направление ухода. Полет к Венере. Полет к Марсу. Погрешность в стартовой скорости. Облет или посадка на планету или Луну. Эффективный радиус планеты или спутника. Угол разворота траектории. Облет планеты с возвращением.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Раздел 4. Методы предварительного определения орбит

Тема 4.1. Методы предварительного определения орбит

Фундаментальные уравнения Лапласа. Первое приближение и его улучшение. Методы Лагранжа, Гаусса и Гиббса. Фундаментальные уравнения и их решение. Первое приближение и его улучшение. Дифференциальная коррекция Лагранжа-Гаусса-Гиббса.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос
Расчетно-графическая работа

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, 7 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Системы единиц и констант

Контролируемые ИДК: ПК-6.1 ПК-6.2

Тема 1.1. Система единиц и констант

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Орбита как набор постоянных.
2. Гауссова или гелиоцентрическая гравитационная постоянная.
3. Астрономическая единица. Размерности, единицы и отношения единиц. Эталонные значения, поправки, погрешности и соотношения.
4. Система гелиоцентрических постоянных GS.
5. Геоцентрическая гравитационная постоянная GM. Система геоцентрических постоянных. Геоцентрическая система постоянных GE.
6. Геодезические и гравитационные постоянные.
7. Постоянные Луны. Постоянные планет.

Раздел 2. Эфемериды наблюдений и системы координат

Контролируемые ИДК: ПК-6.1 ПК-6.2

Тема 2.1. Эфемериды наблюдений и системы координат

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Системы координат и времени. Динамический центр и точка наблюдения.
2. Экваториальные сферические координаты и скорости.
3. Азимутальная или горизонтальная система координат.
4. Всемирное, эфемеридное и атомное время. Юлианская дата и ее модификация. Звездное время.
5. Геоцентрические координаты и скорости точки наблюдения. Геоцентрический параллакс. Геоцентрические координаты и скорости Солнца.
6. Гелиоцентрические прямоугольные координаты планет. Гелиоцентрические прямоугольные координаты Луны.
7. Прецессия. Нутация.
8. Вариация широты идолготы. Планетная абберация.
9. Звездная величина и яркость объекта. Наблюдаемость данных.

Раздел 3. Принципы определения и выбора орбит

Контролируемые ИДК: ПК-6.1 ПК-6.2

Тема 3.1. Принципы определения и выбора орбит

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Определение и выбор орбит.
2. Начальные положения и скорость. Высота апекса и апогея.
3. Дальность и время полета. Два положения.
4. Задание параметра или эксцентриситета орбиты. Определение орбиты по заданной стартовой скорости, главной полуоси, высоты апекса и угол разворота траектории в точке старта.
5. Орбита миниальной скорости. Стартовая и посадочная скорости.
6. Время перелета Земля-Луна. Перигей и афелий. Скорость и направление ухода.
7. Полет к Венере. Полет к Марсу.
8. Погрешность в стартовой скорости.

9. Облет или посадка на планету или Луну. Эффективный радиус планеты или спутника.

10. Угол разворота траектории. Облет планеты с возвращением.

Раздел 4. Методы предварительного определения орбит

Контролируемые ИДК: ПК-6.1 ПК-6.2

Тема 4.1. Методы предварительного определения орбит

Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Вопросы/Задания:

1. Фундаментальные уравнения Лапласа. Первое приближение и его улучшение.

2. Методы Лагранжа, Гаусса и Гиббса. Фундаментальные уравнения и их решение. Первое приближение и его улучшение.

3. Дифференциальная коррекция Лагранжа-Гаусса-Гиббса.

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

Вопросы/Задания:

1. Создание небесной системы координат (НСК) методом РСДБ

2. Определение параметров вращения Земли (ПВЗ) методом лазерной локации Луны (ЛЛЛ)

3. Определение ПВЗ методом лазерной локации спутников (ЛЛС)

4. Звездная фундаментальная система координат. Фундаментальный каталог звезд FK5

5. Астрометрический эксперимент ГИППАРКОС – определение параллаксов звезд

6. Астрометрический эксперимент ГИППАРКОС – определение координат 118 000 звезд

7. Астрометрический эксперимент ГИППАРКОС - «эксперимент Тихо»

8. Подготовительные работы к астрометрическому эксперименту ГИППАРКОС, цель этих работ

9. Оценка качества результатов, полученных по наблюдениям астрометрического эксперимента ГИППАРКОС

10. Определение ПВЗ методами GPS и ГЛОНАСС

11. Космический телескоп «Кеплер»

12. Задачи космического астрометрического эксперимента ОЗИРИС

13. Проблемы создания ЗСК

14. Проект GAIA

15. Проблемы создания НСК

16. Проект DIVA

17. Проект FAME

18. Проект SIM

19. Астрометрия космического телескопа «Хаббл»

20. Космические РСДБ

21. Астрометрия с поверхности Луны

22. Влияние ошибок собственных движений звезд на точность каталогов. Снижение влияния ошибок собственных движений звезд на точность каталогов звезд

23. Телескопы, используемые для астрометрических наблюдений: рефрактор; рефлектор; радиотелескоп; радиоинтерферометр

24. Методы регистрации положений наблюдаемых объектов: фотоэлектрический; фотографический; ПЗС –приемники

25. Факторы, влияющие на искажение направлений наблюдаемых объектов: астрономическая рефракция; астрономическая аберрация; астрономический параллакс; сильные гравитационные поля

26. Геометрическая небесная система координат: каталог координат внегалактических радиоисточников

27. Небесная система координат и ее ориентация в пространстве

28. Земная гринвичская система координат и ее ориентация

29. Использование астрометрических наблюдений для изучения геодинамических процессов

30. Использование астрометрических наблюдений для решения задач геодезии

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

7 семестр, Зачет
Контролируемые ИДК: ПК-6.1 ПК-6.2
Вопросы/Задания:

1. Орбита как набор постоянных.

2. Гауссова или гелиоцентрическая гравитационная постоянная.

3. Астрономическая единица. Размерности, единицы и отношения единиц.

4. Эталонные значения, поправки, погрешности и соотношения.

5. Система гелиоцентрических постоянных GS.

6. Геоцентрическая гравитационная постоянная GM. Система геоцентрических постоянных. Геоцентрическая система постоянных GE. Геодезические и гравитационные постоянные.

7. Постоянные Луны. Постоянные планет.

8. Системы координат и времени. Динамический центр и точка наблюдения.

9. Экваториальные сферические координаты и скорости.

10. Азимутальная или горизонтальная система координат.

11. Всемирное, эфемеридное и атомное время. Юлианская дата и ее модификация. Звездное время.

12. Геоцентрические координаты и скорости точки наблюдения.

13. Геоцентрический параллакс. Геоцентрические координаты и скорости Солнца.

14. Гелиоцентрические прямоугольные координаты планет. Гелиоцентрические прямоугольные координаты Луны.

15. Прецессия. Нутация. Вариация широты идолготы. Планетная абберация.

16. Звездная величина и яркость объекта. Наблюдаемость данных.

17. Определение и выбор орбит. Начальные положения и скорость.

18. Высота апекса и апогея. Дальность и время полета. Два положения.

19. Задание параметра или эксцентриситета орбиты. Определение орбиты по заданной стартовой скорости, главной полуоси, высоты апекса и угол разворота траектории в точке старта.

20. Орбита миниальной скорости. Стартовая и посадочная скорости.

21. Время перелета Земля-Луна. Перигей и афелий. Скорость и направление ухода.

22. Полет к Венере. Полет к Марсу. Погрешность в стартовой скорости.

23. Облет или посадка на планету или Луну. Эффективный радиус планеты или спутника.

24. Угол разворота траектории. Облет планеты с возвращением.

25. Фундаментальные уравнения Лапласа. Первое приближение и его улучшение.

26. Методы Лагранжа, Гаусса и Гиббса. Фундаментальные уравнения и их решение. Первое приближение и его улучшение.

27. Дифференциальная коррекция Лагранжа-Гаусса-Гиббса.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Яшкин С.Н. Небесная механика: учебное пособие. / С.Н. Яшкин. - МИИГАиК, 2014. - 270 - 978-5-91188-061-3. - Текст: непосредственный.

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. Т. 1. Монография. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". / К.М. Антонович. - ФГУП "Картгеоцентр", 2005. - 334 - 5-86066-072-3 (т.1). - Текст: непосредственный.

3. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2-х т. Т. 2. Монография. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". / К.М. Антонович. - ФГУП "Картгеоцентр", 2006. - 360 - 5-86066-077-4 (т.2). - Текст: непосредственный.

4. Генике А.А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Издательство Картгеоцентр, 2004. - 351 - 5-86066-063-4. - Текст: непосредственный.

Дополнительная литература

1. Яшкин С.Н. Спутниковая градиентометрия и системы "Спутник - Спутник": Учебное пособие. / С.Н. Яшкин. - МИИГАиК, 2009. - 112 - 978-5-91188-020-0. - Текст: непосредственный.

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

Профессиональные базы данных

1. https://lms.miigaik.ru - Система дистанционного обучения МИИГАиК

Ресурсы «Интернет»

1. http://pvz.vniiftri.ru/bull_A_Q.php - Центр сводной обработки и определения параметров вращения Земли Главного метрологического центра Государственной Службы Времени, Частоты и определения параметров вращения Земли (ЦСОО ПВЗ ГМЦ ГСВЧ)
2. https://iaaras.ru/ - Институт прикладной астрономии РАН
3. https://ro-edu.ru/ - Федеральный портал «Российское образование»
4. https://www.iers.org/IERS/EN/Home/home_node.html - Сайт Международной службы вращения Земли (International Earth Rotation Service, IERS
5. http://www.iprbookshop.ru - Электронная библиотечная система

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 - 2 шт.
Меловая доска - 2 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.