



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
16 февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ДИСЦИПЛИНЫ АСТРОНОМИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ
«Б1.В.05.ДВ.02.02 АСТРОДИНАМИКА»**

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): 2024

Срок получения образования: 4 года

Объем:
в зачетных единицах: 2 з.е.
в академических часах: 72 ак.ч.

Москва, 2024

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 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	11.12.2023, № 7/23

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 - ознакомление студентов с основами теорий движения небесных тел, современных методов интегрирования уравнений движения небесных тел; формирование представлений о методах анализа и визуализации результатов прогнозирования движения небесных тел Солнечной системы; формирование профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность бакалавра по профилю космическая геодезия и навигация к использованию полученных знаний для решения задач геодезии и навигации.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование понятий о современных теориях движения небесных тел;;
- освоение навыков интегрирования дифференциальных уравнений движения небесных тел;
;
- получение компетенций по применению методов космической геодезии применительно к решению задач 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

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

ПК-10.1 Выполняет геодезическое обеспечение ГЛОНАСС и дифференциальных подсистем

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

ПК-10.2 Определяет прецизионные гравитационные составляющие

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

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

Знать:

ПК-10.3/Зн1 физический смысл характеристик, связанных с гравитационным полем, способы определения и уточнения элементов гравитационного поля, а также их изменений во времени

Уметь:

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

Владеть:

ПК-10.3/Нв1 принятой терминологией в области изучения характеристик физических полей, способами представления информации о них

ПК-11 Способен выполнять профессиональную деятельность, связанную с эксплуатацией навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений

ПК-11.1 Выполняет анализ характеристик ГНСС и их функциональных дополнений

Знать:

ПК-11.1/Зн1 Устройство геодезических инструментов и методы выполнения геодезических измерений

Уметь:

ПК-11.1/Ум1 Выполнять тестирование, исследования, поверки и юстировки, эксплуатацию геодезических, фотограмметрических систем, приборов и инструментов, аэрофотосъёмочного оборудования

Владеть:

ПК-11.1/Нв1 Методикой тестирования и исследования

ПК-11.2 Выполняет расчет эфемеридно-временной информации

Знать:

ПК-11.2/Зн1 знать теорию движения ИСЗ

Уметь:

ПК-11.2/Ум1 уметь применять теорию движения ИСЗ

Владеть:

ПК-11.2/Нв1 владеть навыками и методикой прогнозирования движения ИСЗ

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

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

Знать:

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

Уметь:

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

Владеть:

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

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

Знать:

ПК-12.2/Зн2 методы сбора, первичной обработки, систематизации и каталогизации данных, полученных на основе результатов космической деятельности

Уметь:

ПК-12.2/Ум2 выполнять комплексную обработку космических геодезических данных, включая их преобразование в заданные системы координат.

Владеть:

ПК-12.2/Нв2 навыками работы со специализированным геодезическим программным обеспечением для обработки космических данных, методами их визуализации

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

Знать:

ПК-12.3/Зн2 методы и технологии комплексного геодезического анализа данных

Уметь:

ПК-12.3/Ум2 проводить математическую обработку и интерпретацию геодезических данных для решения задач высшей геодезии

Владеть:

ПК-12.3/Нв2 навыками применения специализированного программного обеспечения для комплексного анализа и оценки точности геодезических измерений.

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

Знать:

ПК-12.4/Зн1 знать способы представления гравитационного потенциала Земли

Уметь:

ПК-12.4/Ум1 уметь представлять гравитационный потенциал в виде точечных масс

Владеть:

ПК-12.4/Нв1 владеть методикой разложения гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.05.ДВ.02.02 «Астродинамика» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3.

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)
3 семестр	72	2	17	34	21	Зачет
Всего	72	2	17	34	21	

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, соотношенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Теория невозмущённого движения небесных тел	29	7	14	8	ПК-10.3 ПК-11.1 ПК-11.2 ПК-12.1
Тема 1.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения небесных тел	13	3	6	4	
Тема 1.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения небесных тел	16	4	8	4	
Раздел 2. Теория возмущённого движения небесных тел	43	10	20	13	ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-11.1 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4
Тема 2.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения небесных тел.	13	3	6	4	
Тема 2.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.	14	4	6	4	
Тема 2.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения небесных тел.	16	3	8	5	
Итого	72	17	34	21	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Теория невозмущённого движения небесных тел

Тема 1.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения небесных тел

Предмет и задачи дисциплины «Астродинамика». Роль и значение космической геодезии в решении основных задач о Земле. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения небесных тел в прямоугольных координатах.

Ковариантная форма уравнений движения.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения небесных тел

Первые интегралы. Элементы орбиты небесных тел. Соотношения между элементами орбиты и постоянными интегрирования.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 2. Теория возмущённого движения небесных тел

Тема 2.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения небесных тел.

Представление гравитационного потенциала Земли разложением в ряд по сферическим функциям и в виде точечных масс.

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

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Дифференциальные уравнения возмущённого движения небесных тел в оскулирующих элементах орбиты.

Возмущающая функция от гравитационного поля Земли. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от притяжения Луны и Солнца

Возмущающие ускорения и возмущающие функции от других возмущающих факторов

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения небесных тел.

Аналитические методы интегрирования дифференциальных уравнений движения небесных тел. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений движения небесных тел.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

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, 3 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».

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Теория невозмущённого движения небесных тел

Контролируемые ИДК: ПК-10.3 ПК-11.1 ПК-11.2 ПК-12.1

Тема 1.1. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения небесных тел

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

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

С пункта земной поверхности, координаты которого известны, выполнены наблюдения небесного тела 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 небесного тела модифицированн методом Гаусса.

Тема 1.2. Интегрирование дифференциальных уравнений невозмущённого движения небесных тел

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление невозмущённой эфемериды небесного тела

В качестве исходных данных студент использует элементы орбиты на некоторый момент времени, вычисленные в задании № 1. Требуется на заданный момент времени вычислить

прямоугольные координаты и составляющие скорости небесного тела.

Раздел 2. Теория возмущённого движения небесных тел

Контролируемые ИДК: ПК-10.1 ПК-10.2 ПК-11.1 ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4

Тема 2.1. Дифференциальные уравнения возмущённого движения небесных тел.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Вычисление элементов орбиты небесного тела по координатам и составляющим скорости

На момент времени t заданы координаты и составляющие скорости небесного тела. Требуется вычислить элементы орбиты на тот же момент времени. В качестве исходных данных студент использует результаты, полученные в задании № 2.

Тема 2.2. Возмущающие ускорения и возмущающие функции от различных факторов.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений возмущённого движения небесного тела

Задана система дифференциальных уравнений возмущённого движения небесного тела с начальными условиями интегрирования.

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

Тема 2.3. Методы интегрирования дифференциальных уравнений возмущённого движения небесных тел.

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 небесного тела 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 небесного тела 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 небесного тела 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 небесного тела 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 гелиоцентрическое склонение небесного тела, если угол наклона невозмущённой орбиты 45 градусов, а аргумент широты 90 градусов?

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

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

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

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

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

22. Функция тени принимает максимальное значение, если

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

23. Под действием гравитационного поля Земли вековые возмущения испытывают

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

24. Какие методы являются многошаговыми численными методами интегрирования?

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

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

- 1) 6
- 2) 8

- 3) 10
- 4) 12

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

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

27. Тормозящее действие атмосферы

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

28. Какая из стоксовых постоянных характеризует полярное сжатие Земли?

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

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

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

30. 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

31. Элементы матрицы Лагранжа зависят

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

32. Какие методы относятся к аналитическим методам интегрирования?

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

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

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

34. Импульс и энергия фотона зависят

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

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

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

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-10.1 ПК-11.1 ПК-12.1 ПК-10.2 ПК-11.2 ПК-12.2 ПК-10.3 ПК-12.3 ПК-12.4

Вопросы/Задания:

1. Законы Кеплера.

Нужно рассказать о трёх законах Кеплера.

2. Законы Ньютона и закон всемирного тяготения.

Нужно рассказать о трёх законах Ньютона и законе всемирного тяготения.

3. Дифференциальные уравнения невозмущённого движения небесного тела

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

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 небесного тела.

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

9. Возмущающая функция от гравитационного поля Земли.

Различные формы представления гравитационного потенциала Земли.

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

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 небесного тела.

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

12. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений движения небесного тела.

Одношаговые и многошаговые методы численного интегрирования.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Крылов В.И. Основы теории движения ИСЗ (часть первая: невозмущённое движение).: Учебное пособие. / В.И. Крылов. - МИИГАиК, 2015. - 52 - Текст: непосредственный.

2. 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.

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.

Меловая доска - 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.