

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Небесная механика

Направление подготовки: 21.03.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Геодезия и дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Сергиенко М.В. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), Maria_sergienko@mail.ru ; доцент, к.н. Соколова М.Г. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), smarina.63@mail.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5	Способность к изучению динамики поверхности Земли, территорий геодезическими методами и средствами дистанционного зондирования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные законы движения небесных тел, элементы орбиты и диапазон их изменения, методы определения орбит спутников из наблюдений, типы движения спутников, астероидов, комет, основы теории движения ИСЗ; основные возмущения в движении планет, спутников и ИСЗ и способы их определения

Должен уметь:

вычислять поисковую эфемериду спутников, элементы орбиты по угловым и смешанным наблюдениям;

Должен владеть:

методикой вычисления и улучшения эфемерид и орбит небесных тел из наблюдений

Должен демонстрировать способность и готовность:

работать с данными астрономических наблюдений и каталогов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.12 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 21.03.03 "Геодезия и дистанционное зондирование (Геодезия и дистанционное зондирование)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 106 часа(ов), в том числе лекции - 58 часа(ов), практические занятия - 46 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 83 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре; зачет в 6 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Предмет и задачи небесной механики. Задача двух тел. Притягивающий и непритягивающий спутники.	5	2	0	2	2	0	0	6
2.	Тема 2. Задача двух тел. Первые интегралы дифференциальных уравнений движения.	5	6	0	6	2	0	0	6
3.	Тема 3. Типы невозмущенного движения спутника. Уравнение траектории движения небесного тела.	5	8	0	8	2	0	0	10
4.	Тема 4. Эфемерида небесного тела и ее определение.	5	6	0	8	2	0	0	10
5.	Тема 5. Постановка задачи и методы определения элементов невозмущенной орбиты из наблюдений.	5	10	0	10	2	0	0	10
6.	Тема 6. Принципы и основные этапы улучшения невозмущенных орбит.	5	2	0	0	0	0	0	6
7.	Тема 7. Понятие возмущаемого движения. Задачи N - тел в небесной механике.	6	6	0	2	0	0	0	10
8.	Тема 8. Метод вариации произвольной постоянной. Общая схема метода.	6	6	0	4	0	0	0	10
9.	Тема 9. Канонические уравнения в небесной механике и понятие их интегрируемости.	6	6	0	2	0	0	0	11
10.	Тема 10. Ограниченная задача трех тел.	6	6	0	4	0	0	0	4
	Итого		58	0	46	10	0	0	83

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Предмет и задачи небесной механики. Задача двух тел. Притягивающий и непритягивающий спутники.

Исторический очерк развития небесной механики как науки. Основные этапы и достижения. Изменение мировоззренческих представлений на планету Земля и Солнечную систему. Современные научные небесномеханические школы. Задача двух тел. Притягивающий и непритягивающий спутники. Постановка задачи и дифференциальные уравнения.

Тема 2. Задача двух тел. Первые интегралы дифференциальных уравнений движения.

Первые интегралы дифференциальных уравнений движения. Интегралы площадей, энергии, Лапласа и их следствия. Первые интегралы в скалярном и векторном видах, в полярных координатах. Математический вывод законов Кеплера задачи двух тел. Первый и второй обобщенные законы Кеплера, третий закон Кеплера для эллиптической орбиты.

Тема 3. Типы невозмущенного движения спутника. Уравнение траектории движения небесного тела.

Типы невозмущенного движения (эллиптическое, параболическое, гиперболическое, круговое, прямолинейное). Астрономический смысл постоянных интегрирования, кеплеровские элементы орбиты, пределы их изменения.

Уравнение траектории движения небесного тела. Уравнение Кеплера для кругового, эллиптического, параболического и гиперболического движений и способы его решения.

Тема 4. Эфемерида небесного тела и ее определение.

Эфемерида небесного тела. Вычисление прямоугольных гелиоцентрических и геоцентрических координат. Переход к экваториальным и эклиптическим гелио- и гео-центрическим координатам. Назначение эфемериды и ее точность. Трасса спутника, задачи перехвата и перелета, траектории Гомана. Продолжительность перелета, теорема Ламберта.

Тема 5. Постановка задачи и методы определения элементов невозмущенной орбиты из наблюдений.

Постановка задачи определения элементов невозмущенной орбиты из наблюдений. Методы Лагранжа, Гаусса (классические методы), Лапласа (прямые методы), Эскобала, Бейккера (смешанные методы), по трем угловым наблюдениям, по смешанным данным. Определение приближенной невозмущенной орбиты по двум наблюдениям.

Тема 6. Принципы и основные этапы улучшения невозмущенных орбит.

Принципы и основные этапы улучшения невозмущенных орбит. Способы вариации гелиоцентрических расстояний, расстояний и средней аномалии. Дифференциальный способ улучшения орбит. Разложение координат в ряды по степеням времени, эксцентриситетской и средней аномалий. Решение дифференциальных уравнений методом численного интегрирования.

Тема 7. Понятие возмущаемого движения. Задачи N - тел в небесной механике.

Возмущающая сила. Действие составляющей возмущающей силы. Изменения по величине и направлению элементов орбит вследствие изменений направлений и расстояний между возмущающими планетами. Уравнение в абсолютных координатах. Силовая функция и ее свойства. Интегралы уравнений. Работы Брукса, Пуанкаре, Пенлеве. Движение Солнечной системы относительно звезд. Плотность Лапласа.

Тема 8. Метод вариации произвольной постоянной. Общая схема метода.

Оскулирующие элементы. Основная операция. Уравнения, определяющие изменения оскулирующих элементов при произвольно заданной возмущающей силе. Вывод уравнений Эйлера (Ньютона). Способ вариации элементов орбит. Дифференциальный способ улучшения орбит. Разложение координат в ряды по степеням времени, эксцентриситетской и средней аномалий.

Тема 9. Канонические уравнения в небесной механике и понятие их интегрируемости.

Канонические уравнения эллиптического движения. Исследования возмущенного движения методом изменения (или вариации) произвольных постоянных Лагранжа.

Уравнения Лагранжа. Вывод уравнений Лагранжа. Решение уравнений движения планет в форме Лагранжа. Свойства возмущений. Малые делители и понятие резонанса в небесной механике.

Тема 10. Ограниченная задача трех тел.

Постановки задачи. Уравнение движения в абсолютных координатах. Вывод уравнений в синодической системе координат. Уравнение ИСЗ в центральном поле тяготения с учетом сопротивления атмосферы. Несферичность Земли, притяжения Луны и Солнца, сопротивление атмосферы и светового давления, прецессия и нутация экваториальной плоскости Земли, приливная деформация Земли, электромагнитные силы, притяжение атмосферы и релятивистские эффекты.

Список прикрепленных к данной дисциплине (модулю) электронных курсов и сторонних ресурсов

• LMS Moodle: [Небесномеханические задачи](#) (4876)

5-й семестр

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Лекции по небесной механике: Учеб. пособ. для вузов. - Алматы, Издат. ..., 2009. 227 с. - http://www.sai.msu.ru/neb/gw/Luk_monog.pdf

Ишмухаметова М.Г., Кондратьева Е.Д. Решение задач по небесной механике и астродинамике. (Электронное издание).- Казань, 2009, 37 с. - <http://ksu.ru/f6/k8/index.php>

Соколова М.Г., Усанин В.С. Определение орбит в рамках задачи двух тел. Учебно-методическое пособие. Казань: Казан. ун-т, 2015. ? 30 с. - URI: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/34800>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

View the NASA Portal Near-Earth Object (NEO) Program - <http://ssd.jpl.nasa.gov>

Интегральный каталог ресурсов Федерального портала "Российское образование" - <http://www.ido.edu.ru/ffec/econ-index.html>

Астро - архив ПРАО АКЦ ФИАН - <http://astro-archive.prao.ru/books/books.php>

Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru/>

Электронные книги категории Небесная механика - <http://nehudlit.ru/books/subcat348.html>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	в лекционном материале изучаются законы невозмущенного движения небесных тел и ИСЗ, методы решения уравнений движения тел Солнечной системы и методы определения невозмущенной орбиты, рассматриваются элементы возмущенного движения, понятие силовой функции как в задаче многих тел, так и в ограниченных задачах небесной механики.
практические занятия	Аудиторная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям. Основными задачами и видами работы студентов являются: - усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); - выполнение аудиторных и домашних заданий в виде решения задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных работ по отдельным разделам содержания дисциплин.
самостоятельная работа	Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, без его непосредственного участия, но при постоянном консультировании в процессе выполнения заданий. При этом в процессе самостоятельного решения задач по курсу 'Небесная механика' необходимо придерживаться следующего алгоритма: построить математическую модель как математическая модель (набор используемых формул), так и предпочитаемую парадигму (совокупность понятий, теории и методов исследования), решить задачу и весь цикл вычислений лучше разбить на несколько этапов, чтобы проще отслеживать общую структуру задачи и выполнять проверку, проверить результат (правильная размерность найденных величин, соответствие физическому смыслу, попадание решения в интервал ожиданий).
экзамен	Экзамен проводится на основе билетов, в который входит два вопроса на темы невозмущенного движения двух тел и возмущенного движения n тел и одной задачи или тестирования на основе 20 теоретических вопросов по всему курсу и расчетных заданий на тему невозмущенного движения двух тел. Примеры тестовых вопросов и расчетных заданий приведены в виртуальной аудитории преподавателя дисциплины "Небесная механика"
зачет	Зачет проходит в виде устного опроса студентов по пройденному лекционному материалу и выполненным практическим работам. Для подготовки к зачету рекомендуется повторно изучить конспекты и рекомендованную литературу. Также рекомендуется составить список непонятных вопросов и задать их преподавателю для подробного разъяснения.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 21.03.03 "Геодезия и дистанционное зондирование" и профилю подготовки "Геодезия и дистанционное зондирование".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.12 Небесная механика

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 21.03.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Геодезия и дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Гусейханов, М. К. Основы астрономии / М. К. Гусейханов. - 5-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 152 с. - ISBN 978-5-8114-9918-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/203009> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Чаругин, В. М. Классическая астрономия : учебное пособие / В. М. Чаругин. - Москва : МПГУ, 2013. - 214 с. - ISBN 978-5-7042-2400-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/536501> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Космические миссии и планетарная защита / Д. У. Данхэм, Р. Р. Назиров, Р. У. Фаркуар, Е. Н. Чумаченко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 276 с. - ISBN 978-5-9221-1495-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91180> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Солнечная система / А. А. Бережной, В. В. Бусарев, Л. В. Ксанфомалити [и др.]. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 460 с. - ISBN 978-5-9221-1722-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/105010> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Маров, М. Я. Космос: От Солнечной системы вглубь Вселенной : сборник научных трудов / М. Я. Маров. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-1795-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/309437> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Засов, А. В. Астрономия : учебное пособие / А. В. Засов, Э. В. Кононович. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-0952-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2370> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ишмухаметова, М.Г. Решение задач по небесной механике и астродинамике: учебно-методическое пособие / М.Г. Ишмухаметова, Е.Д. Кондратьева; Казанский госуд. университет; Физический факультет. - Казань: КГУ, 2008. - 40 с. - Текст: электронный. - URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_376564374/Ishmukhametova.M.G._Kondrateva.E.D..Resh.zadach.po.neb.mekh.i.astrodinamike.pdf (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: открытый.
3. Кондратьева Е.Д. Методы астродинамики. Часть 1: методическое пособие / Е.Д. Кондратьева, М.Г. Ишмухаметова; Казанский госуд. университет; Физический факультет. - Казань: КГУ, 2002. - 39 с. - Текст: электронный. - URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1842217196/Kondrateva.E.D..Metody.astrodinamiki.ch.1.pdf (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: для авторизов. пользователей.
4. Ишмухаметова М.Г. Методы астродинамики. Методическое пособие. Часть 2 / М.Г. Ишмухаметова; Физический факультет Казанского госуд-го университета. - Казань: КГУ, 2003. - 48 с. - Текст: электронный. - URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1688771691/Ishmukhmetova.M.G..Metody.astrodinamiki.ch.2.pdf (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: открытый.
5. Соколова М.Г. Практикум по небесной механике / М.Г. Соколова, В.С. Усанин; Казанский федер. ун-т, Институт физики. - Казань: КФУ, 2016. - 40 с. - Текст: электронный. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F1721940992/Sokolova.M.G..Praktikum.po.nebesnoj.mekhanike.pdf> (дата обращения: 17.02.2025). - Режим доступа: открытый.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.12 Небесная механика*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 21.03.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Геодезия и дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.