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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Д.А. Таюрский
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Небесная механика

Специальность: 03.05.01 - Астрономия
Специализация: Астрофизика и космология
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Соколова М.Г. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), smarina.63@mail.ru ; научный сотрудник, к.н. Усанин В.С. (НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер, Кафедра астрономии и космической геодезии), Vladimir.Usanin@kpfu.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
ОПК-1	способность ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях и применять их в научных исследованиях
ПК-4	владение наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений
ПК-5	способность вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

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, 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.Б.24 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

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 - 108 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 54 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 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)

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Предмет и задачи небесной механики. Задача двух тел. Притягивающий и непритягивающий спутники.	5	6	0	4	6
2.	Тема 2. Задача двух тел. Первые интегралы дифференциальных уравнений движения.	5	6	0	4	4
3.	Тема 3. Типы невозмущенного движения спутника. Уравнение траектории движения небесного тела.	5	6	0	4	6
4.	Тема 4. Эфемерида небесного тела и ее определение.	5	4	0	8	6
5.	Тема 5. Постановка задачи и методы определения элементов невозмущенной орбиты из наблюдений.	5	10	0	12	8
6.	Тема 6. Принципы и основные этапы улучшения невозмущенных орбит.	5	4	0	4	6
7.	Тема 7. Понятие возмущаемого движения. Задача n тел в небесной механике.	5	6	0	6	18
8.	Тема 8. Метод вариации произвольной постоянной. Общая схема метода.	5	4	0	4	6
9.	Тема 9. Канонические уравнения в небесной механике и понятие их интегрируемости.	5	4	0	4	6
10.	Тема 10. Ограниченная задача трех тел.	5	4	0	4	6
	Итого		54	0	54	72

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.

Круговое, эллиптическое, параболическое, гиперболическое, прямолинейное движение спутника. Астрономический смысл постоянных интегрирования, кеплеровские элементы орбиты, пределы их изменения. Уравнение Кеплера и способы его решения. Основные формулы кругового, эллиптического, параболического и гиперболического движений.

Тема 4. Эфемерида небесного тела и ее определение.

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

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Постановка задачи определения элементов невозмущённой орбиты из наблюдений. Методы Лагранжа, Гаусса (классические методы), Лапласа (прямые методы), Эскобала, Бейкера (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, эксцентрической и средней аномалий. Решение дифференциальных уравнений методом численного интегрирования.

Тема 7. Понятие возмущаемого движения. Задача n тел в небесной механике.

Понятие о возмущающей силе. Действие составляющих возмущающей силы на элементы орбиты. Геометрическая интерпретация. Постановка задачи n тел. Уравнения движения в абсолютных координатах. Силовая функция. Свойства силовой функции. Интегралы уравнений задачи n тел. Результаты Брунса, Пуанкаре, Пенлеве. Движение Солнечной системы относительно звёзд. Плоскость Лапласа. Первая форма уравнений относительного движения задачи n тел. Пертурбационная функция.

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

Метод вариации произвольных постоянных. Оскулирующие элементы. Основная операция. Вывод уравнений Эйлера-Ньютона для оскулирующих элементов. Уравнения движения искусственного спутника в нецентральном поле тяготения Земли. Уравнения движения ИСЗ с учётом сопротивления атмосферы. Релятивистские поправки.

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

Канонические уравнения. Понятие интегрируемости канонических уравнений. Канонические элементы эллиптического движения. Уравнения Лагранжа для оскулирующих элементов. Решение уравнений движения планет в форме Лагранжа. Свойства возмущений. Устойчивость и эволюция Солнечной системы. Малые знаменатели и резонансы. Краткая характеристика теорий движения больших планет, Луны, спутников планет, астероидов, комет.

Тема 10. Ограниченная задача трех тел.

Постановка ограниченной задачи трёх тел. Уравнения движения в абсолютных координатах. Уравнения движения ограниченной задачи трёх тел в синодической системе координат. Интеграл Якоби. Области допустимого движения в ограниченной задаче трёх тел. Точки либрации. Движение в окрестностях точек либрации. Открытие планеты Нептун.

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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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

Ишмухаметова М.Г., Кондратьева Е.Д. Решение задач по небесной механике и астродинамике. Казань: Физический факультет Казанского государственного университета, 2009. 40 с. - http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21569/06_46_2008_000220.pdf

Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лекции по небесной механике. Алматы: Эверо, 2009. 277 с. - http://www.sai.msu.ru/neb/rw/Luk_monog.pdf

Соколова М.Г., Усанин В.С. Практикум по небесной механике. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. 40 с. - 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)

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

Группа издательств МАИК Наука/Интерпериодика - http://www.maik.ru/

Движение планет (3D-анимация) - http://www.space.utema.ru

Единая коллекция Цифровых Образовательных Ресурсов - school-collection.edu.ru?catalog/search

Издательство Шпрингер - http://rd.springer.com/

Издательство Эльзевир - http://www.sciencedirect.com/

Научная электронная библиотека - http://elibrary.ru/defaultx.asp

Научно-теоретический журнал Кинематика и физика небесных тел - http://mao.kiev.ua/index.php/ua/vydannia/kinematikaitem

Отдел динамики Солнечной системы Лаборатории реактивного движения NASA - https://ssd.jpl.nasa.gov/

Поисковая форма Системы астрофизических данных - http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

Российское образование. Федеральный образовательный портал - http://www.edu.ru

Центр малых планет МАС - http://www.minorplanetcenter.net/

Центральное бюро астрономических телеграмм МАС - http://www.cbat.eps.harvard.edu/index.html

Электронная научная библиотека - http://nehudlit.ru/books/subcat348.html

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	На лекциях студенты должны внимательно слушать преподавателя, вести запись конспектов и участвовать в устных опросах. Целью записи конспектов является обеспечение возможности дальнейшей подготовки к экзамену. Студенты, по уважительным причинам пропустившие лекцию, должны переписать конспекты у студентов, присутствовавших на лекции.

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	На лабораторных работах студенты решают задачи, вначале письменно, затем с использованием компьютеров, участвуют в устных опросах. Целью письменного решения задач является подготовка к решению письменных домашних заданий и контрольной работы. Студенты, по уважительным причинам пропустившие лабораторную работу, должны переписать конспекты у студентов, присутствовавших на лабораторной работе. Задачи в форме компьютерных программ каждый из студентов выполняет самостоятельно под контролем преподавателя.
самостоя-тельная 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 как математическую модель (набор используемых формул), так и предпочитаемую парадигму (совокупность понятий, теории и методов исследования), 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). В процессе самостоятельной подготовки к экзамену студенты читают ранее записанные ими на лекциях конспекты. Успешность самостоятельной подготовки студента к экзамену напрямую зависит от регулярности посещения им лекций и аккуратности записи конспектов.
экзамен	Экзамен проводится на основе билетов, в который входит два вопроса на темы невозмущенного движения двух тел и возмущенного движения n тел. Билеты размещены в данной программе дисциплины, при необходимости их копия может быть получена у преподавателя. Главным условием успешной подготовки студента к экзамену является наличие у него аккуратного самостоятельно записанного конспекта лекций. Отдельные детали могут быть уточнены с помощью основной и дополнительной литературы, указанной в данной программе дисциплины.

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;

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

- 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 специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации "Астрофизика и космология".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.24 Небесная механика

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Специальность: 03.05.01 - Астрономия
Специализация: Астрофизика и космология
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Чаругин, В. М. Классическая астрономия: учебное пособие / В.М. Чаругин. - Москва : Прометей, 2013. - 214 с. - ISBN 978-5-7042-2400-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/536501 (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.

2. 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: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Соколова М.Г., Усанин В.С. Практикум по небесной механике / М.Г. Соколова, В.С. Усанин; Казанский федеральный университет, Кафедра астрономии и космической геодезии. - Текст: электронный. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. - 40 с. - Текст: электронный. - URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/34800/06-Iph_001226.pdf (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.

Дополнительная литература:

1. Гусейханов, М. К. Основы астрономии : учебное пособие / М. К. Гусейханов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 152 с. - ISBN 978-5-8114-4063-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/114684 (дата обращения: 11.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Маров, М. Я. Космос: От Солнечной системы вглубь Вселенной / М. Я. Маров. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 536 с. - ISBN 978-5-9221-1711-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/105003 (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

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: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Кондратьева Е.Д. Методы астродинамики. Часть 1: методическое пособие / Е.Д. Кондратьева, М.Г. Ишмухаметова; Казанский государственный 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: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.

4. Ишмухаметова М.Г. Методы астродинамики. Часть 2: методическое пособие / М.Г. Ишмухаметова; Казанский государственный университет; Физический факультет. - 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: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.Б.24 Небесная механика

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

Специальность: 03.05.01 - Астрономия
Специализация: Астрофизика и космология
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

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.