

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

Е. А. Григорьева
26 февраля 2024 г.



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Численные методы в астрономии

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: 2024

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. Загидуллин А.А. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), ArAZagidullin@kpfu.ru ; Шиманский Владислав Владимирович

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	Способен ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях, фундаментальных разделах математики, физики, астрономии и педагогики для решения научно-исследовательских и педагогических задач
ПК-2	Владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- аппарат численных методов обработки информации и математического моделирования, методы численного интегрирования;
- способы разработки и оптимизации численных методов разных типов;
- методы решения конкретных задач обработки данных и моделирования в различных областях физики и астрономии;
- основные подходы к реализации численных схем на ЭВМ, способы их тестирования и отладки.

Должен уметь:

- разрабатывать оптимизированные численные схемы для решения конкретных задач; обрабатывать результаты наблюдений;
- реализовывать методы обработки данных и моделирования на ЭВМ на основе применения современных программных пакетов и сред системного программирования;
- выполнять комплекс работ по отладке и тестированию реализованных методов и разработке интерфейсов их применения, удобных для пользователей.

Должен владеть:

- аппаратом построения численных схем для решения практических и теоретических задач физики и астрономии;
- набором стандартных методов обработки информации и численного моделирования.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять навыки программирования численных алгоритмов и методы критического анализа модельных расчетов для решения научно-профессиональных задач.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.14 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 4 курсе в 8 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 73 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 44 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 17 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 8 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	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение	8	2	0	6	0	0	0	1
2.	Тема 2. Интерполяция	8	2	0	2	0	0	0	1
3.	Тема 3. Интерполяция сплайнами и с оптимизацией, дифференцирование	8	2	0	4	0	0	0	1
4.	Тема 4. Методы Гаусса для задач с линейными уравнениями	8	2	0	2	0	0	0	2
5.	Тема 5. Методы решения систем линейных уравнений.	8	2	0	2	0	0	0	1
6.	Тема 6. Нелинейные уравнения	8	2	0	2	0	0	0	2
7.	Тема 7. Системы нелинейных уравнений	8	2	0	4	0	0	0	2
8.	Тема 8. Принципы интегрирования и интегрирование на фиксированных узлах	8	2	0	4	0	0	0	1
9.	Тема 9. Интегрирование наивысшей точности	8	2	0	4	0	0	0	1
10.	Тема 10. Интегрирование с равными коэффициентами и уточнение Рунге	8	2	0	4	0	0	0	1
11.	Тема 11. Дифференциальные уравнения	8	2	0	2	0	0	0	1
12.	Тема 12. Одношаговые методы	8	2	0	2	0	0	0	1
13.	Тема 13. Многошаговые методы	8	2	0	4	0	0	0	1
14.	Тема 14. Границные задачи	8	2	0	2	0	0	0	1
	Итого		28	0	44	0	0	0	17

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение

Сфера применения численных методов. Способы построения численных схем. Общие требования к устойчивости и сходимости. Особенности реализации методов на ЭВМ. Требования к точности промежуточных вычислений и пути ее повышения. Практические способы оптимизации численных схем для различных функций. Способы численной оценки точности и сходимости методов на ЭВМ.

Тема 2. Интерполяция

Цели и виды интерполяции. Погрешность и сходимость задач. Определитель Вандермонда. Конечные разности. Разностные отношения и их свойства. Общая форма алгебраической интерполяции. Формы Лагранжа и Ньютона. Схема Эйткена. Формулы Симпсона, Бесселя и Эверетта. Интерполирование с кратными или равноотстоящими узлами и на границах. Оценка остаточного члена.

Тема 3. Интерполяция сплайнами и с оптимизацией, дифференцирование

Полиномы Чебышева: вычисление узлов и весовых коэффициентов. Ортогональные многочлены Чебышева. Понятие о минимизации функционала. Принципы интерполяции многомерных функций. Сплайновая интерполяция. Общие требования к сплайнам. Сплайны второго и третьего порядков и методы их построения. Выбор граничных условий. Метод диагональной прогонки. Рациональная интерполяция. Численное дифференцирование и его точность. Уточнение Рунге.

Тема 4. Методы Гаусса для задач с линейными уравнениями

Постановка задачи по решению систем линейных уравнений Методы оптимизации систем. Классификация методов. Методы гауссовой прогонки в версиях единственного деления и оптимального исключения. Применение прогонки при расчете определителей и обратных матриц. Мера обусловленности. Уточнение приближенной матрицы.

Тема 5. Методы решения систем линейных уравнений.

Методы разложения матриц на треугольные и ортогонализации. Итерационные методы решения систем линейных уравнений. Метод простой и ускоренной lambda-итерации. Метод Зейдля. Оценка погрешностей при решении системы уравнений. Оптимизация итерационных методов. Уточнение приближений и ускорение сходимости.

Тема 6. Нелинейные уравнения

Классификация методов решения одного нелинейного уравнения. Метод простой итерации и его сходимость. Пути ускорения сходимости. Методы линейного интерполирования и секущих. Методы ускоренной lambda-итерации и преобразования уравнения. Метод Ньютона для одного уравнения, сходимость, случай кратного корня. Интерполяционные методы.

Тема 7. Системы нелинейных уравнений

Особенности постановки и решение на системы нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Зейдля и их сходимости. Метод ускоренной lambda-итерации. Ускорение сходимости. Принцип линеаризации нелинейных уравнений. Метод полной линеаризации, его сходимость. Представление производных. Методы градиентного спуска.

Тема 8. Принципы интегрирования и интегрирование на фиксированных узлах

Постановка задачи численного интегрирования. Разделение интегрируемой функции, весовая функция, квадратурные суммы и их узлы, сходимость квадратуры. Классификация подходов к построению квадратурных сумм.

Интерполяционная квадратура. Формулы Ньютона - Котеса с равноотстоящими узлами и оценка их остаточного члена. Повышение точности схем Ньютона - Котеса. Формулы трапеций, Симпсона и трех восьмых. Метод деления отрезка на подотрезки.

Тема 9. Интегрирование наивысшей точности

Постановка задачи об интегрировании наивысшей точности. Формулы наивысшей точности, их построение и требования к ним. Связь узлов интегрирования с оптимизирующими многочленом. Метод определения оптимизирующих многочленов. Формулы интегрирования Гаусса-Кристоффеля для постоянной весовой функции. Интегрирование с весовыми функциями разных типов на основе многочленов Чебышева-Лагера, Чебышева-Эрмита и Якоби. Интегрирование с учетом граничных условий.

Тема 10. Интегрирование с равными коэффициентами и уточнение Рунге

Постановка задачи об интегрировании с равными коэффициентами и сфера ее применения. Формулы определения оптимизирующего многочлена. Формулы Чебышева для постоянной весовой функции. Увеличение точности квадратурных формул. Уточнение Рунге при вычислении интегралов. Интегрирование быстро осциллирующих функций.

Тема 11. Дифференциальные уравнения

Классификация задач по решению систем дифференциальных уравнений. Общая постановка задачи Коши для уравнения первого порядка. Классификация методов, способы повышения точности и скорости вычислений. Одношаговые методы. Метод разложения в ряды Тейлора и их сходимость. Аналитическое и численное представление производных. Схемы последовательного повышения точности.

Тема 12. Одношаговые методы

Представление интегрального уравнения в схемах Рунге-Кутта. Определение матриц коэффициентов и их связь с формулами численного интегрирования. Представление остаточного члена и формулировка условия его минимизации. Пути построения, формы и точность схем Рунге - Кутта разных порядков. Расширение схем Рунге-Кутта на системы уравнений и уравнения высших порядков.

Тема 13. Многошаговые методы

Способы построения и эффективность многошаговых методов. Решение дифференциального уравнения в интегральной форме, интерполяционное представление подынтегральной функции. Экстраполационные и интерполяционные схемы Адамса-Бофора и их точность. Методы Коуэлла для уточнения решения и способы их применения. Погрешности многошаговых методов.

Тема 14. Граничные задачи

Понятие о граничных задачах в системах дифференциальных уравнений. Решение граничных задач методом сеток. Способы представления производных и требования к выбору узлов. Расширение метода сеток на уравнения высших порядков. Аппроксимационные методы и особенности их применения. Метод наименьших квадратов

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 №14-55-996бин/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

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)

-
-

Компьютерное моделирование физических процессов - <http://microsat.sm.bmstu.ru/e-library/MatLab/main.pdf>
Математическая библиотека - <http://mathedu.ru/>
Электронная библиотека Exponent.ru - <http://www.exponenta.ru>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Аудиторная работа по дисциплине в виде лекций с одновременным разбором практических и прикладных задач выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя. Допускается частичная аудио и видеозапись лекционных занятий с их последующим углубленным изучением на основе применения рекомендуемой литературы.
практические занятия	В рамках курса предусмотрено комплексная компьютерная реализация заданного численного метода по каждому из четырех основных разделов. Реализация выполняется на аудиторных практических занятиях под контролем преподавателя и самостоятельно во время внеаудиторной работы. Заданные методы реализуются студентами на персональных компьютерах в программах, написанных на одном из основных языков программирования (Fortran, C++, Python, Pascal). Допускается применение студентами иных сред программирования при условии полностью самостоятельного решения задачи. Реализованный метод сдается преподавателю в виде законченной и протестированной программы с приложением результатов тестового моделирования и поясняющих ответов.
самостоятельная работа	Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, используя полученный на лекционных занятиях материал. Работа выполняется без непосредственного участия преподавателя, но при консультировании в процессе выполнения заданий. Преподаватель допускает проведение части таких консультаций с применением современных коммуникативных технологий и социальных сетей.
экзамен	Курс "Численные методы" читается во 2 семестре и завершается экзаменом. Вопросы, включенные в билеты, охватывают все темы и предоставляются студентам заранее. Подготовку к экзамену облегчают регулярные посещения лекционных и практических занятий, своевременное выполнение всех заданий и систематическая самостоятельная работа.

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.

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

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.14 Численные методы в астрономии*

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: 2024

Основная литература:

1. Маничев, В. Б. Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в САЕ-системах САПР : учебное пособие / В.Б. Маничев, В.В. Глазкова, И.А. Кузьмина. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 152 с.- (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010366-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/980116> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Савенкова, Н. П. Численные методы в математическом моделировании : учебное пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2019. - 176 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00024-019-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1013459> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Пантелеев, А. В. Численные методы. Практикум : учебное пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 512 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012333-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1028969> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Абакумов, М. В. Лекции по численным методам математической физики : учебное пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин. - М. : ИНФРА-М, 2018.- 158с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006108-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/925774> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Гулин, А. В. Введение в численные методы в задачах и упражнениях: учебное пособие / Гулин А.В., Мажорова О.С., Морозова В.А.- Москва: АРГАМАК-МЕДИА, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 368с. - (Прикладная математика, информатика, информ. технологии). - ISBN 978-5-16-012876-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032671> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Денежкина, И. Е. Численные методы. Курс лекций : учебное пособие / И. Е. Денежкина. - Москва : Финансовая академия, 2004. - 112 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/497545> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.14 Численные методы в астрономии

**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: 2024

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.