

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
Обратные задачи астрофизики Б1.В.ОД.23

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Колбин А.И.

Рецензент(ы):

Шиманский В.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6158219

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) научный сотрудник, к.н. Колбин А.И. НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер Кафедра астрономии и космической геодезии, AIKolbin@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

освоение методов решения обратных астрофизических задач.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.23 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 5 курсе, 9 семестр.

Курс 'Обратные задачи астрофизики' относится разделу Б1, базируется на решении обратных задач астрофизики с оценкой ошибок получаемых решений, является качественным дополнением для освоения курсов 'Физика звезд' и 'Галактическая астрономия'.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	- способность ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях и применять их в научных исследованиях;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	- владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	-способность к интенсивной научной и научно-исследовательской деятельности.

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Методы решения обратных дискретных и непрерывных задач. Способы определения ошибок полученного решения.

2. должен уметь:

Реализовывать алгоритмы решения обратных дискретных задач: МНК, МНМ, сигма-клиппинг. Реализовывать алгоритмы решения непрерывных обратных задач: регуляризация Тихонова, метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO.

3. должен владеть:

Студент должен владеть алгоритмами решения различных задач астрофизики: МНК, МНМ, регуляризацией Тихонова, методом максимума энтропии, LASSO.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

Решать обратные задачи астрофизики с оценкой ошибок получаемых решений.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 9 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Классификация обратных задач. Примеры обратных задач в астрофизике. Некорректность обратных задач.	9	1	2	2	0	
2.	Тема 2. Решение дискретных обратных задач. Методы наименьших квадратов и наименьших модулей. Статистические аспекты наименьших квадратов и наименьших модулей.	9	2-3	4	4	0	
3.	Тема 3. Оценивание ошибок определения параметров в линейных и нелинейных задачах. Метод Монте-Карло.	9	4	2	2	0	
4.	Тема 4. Решение нелинейных обратных задач. Методы оптимизации: Нелдера-Мида, метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, гибридный метод, методы Гаусса-Ньютона и Ливенберга-Маквардта.	9	5	2	2	0	
5.	Тема 5. Сингулярное разложение матриц. Псевдоинверсия Мура-Пенроуза. Число обусловленности.	9	6	2	2	0	
6.	Тема 6. Непрерывные обратные задачи. Метод регуляризации Тихонова нулевого, первого и второго порядков. Связь с псевдоинверсным решением.	9	7	2	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
7.	Тема 7. Методы определения параметра регуляризации: критерий невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.	9	8	2	2	0	
8.	Тема 8. Другие методы регуляризации: метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO, итерации Ландвебера и Качмажа.	9	9	2	2	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	Зачет
	Итого			18	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Классификация обратных задач. Примеры обратных задач в астрофизике. Некорректность обратных задач.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дается определение прямых и обратных задач. Рассматривается классификация задач на линейные и нелинейные, а также на дискретные и непрерывные. Разбираются примеры дискретных задач: определение параметров орбиты спектрально-двойной звезды, а также интерпретация кривой блеска затменно-двойной звезды. Рассматриваются примеры непрерывных задач: затменное картирование диска катаклизмической переменной, восстановление эмиссионного и абсорбционного профиля звезды Вольфа-Райе, доплеровское картирование дисков и звездной поверхности.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разбор алгоритма расчета кривых лучевых скоростей спектрально-двойной звезды и кривой блеска затменно-двойной системы. Вывод основных формул.

Тема 2. Решение дискретных обратных задач. Методы наименьших квадратов и наименьших модулей. Статистические аспекты наименьших квадратов и наименьших модулей.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Дается описание алгоритмов решения обратных задач методами наименьших квадратов и наименьших модулей. Рассматривается устойчивость обоих методов к выбросам.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Разбор алгоритма решения задачи аппроксимации данных тригонометрическим и алгебраическим полиномом. Вывод основных формул.

Тема 3. Оценивание ошибок определения параметров в линейных и нелинейных задачах. Метод Монте-Карло.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Разбирается способ определения ошибок искомых параметров в дискретной обратной задаче. Вводится понятие ковариационной матрицы. Разбирается алгоритм Монте-Карло для определения ошибок в нелинейных задачах.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Выводы основных формул для оценивания ошибок в задачах интерпретации кривых лучевых скоростей и кривых блеска двойных систем.

Тема 4. Решение нелинейных обратных задач. Методы оптимизации: Нелдера-Мида, метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, гибридный метод, методы Гаусса-Ньютона и Ливенберга-Маквардта.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Разбираются основные алгоритмы решения нелинейных обратных задач. Это стохастический метод Нелдера-Мида, а также градиентные методы наискорейшего спуска, Ньютона. Рассматриваются специальные методы решения задач МНК: метод Гаусса-Ньютона и Ливенберга-Маквардта.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод основных формул для описания кривых лучевых скоростей и кривых блеска методами Нелдера-Мида и Гаусса-Ньютона.

Тема 5. Сингулярное разложение матриц. Псевдоинверсия Мура-Пенроуза. Число обусловленности.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дается определение сингулярного разложения матриц. Рассматриваются свойства матриц разложения. Вводится псевдоинверсный оператор Мура-Пенроуза и описываются его свойства. Вводится число обусловленности как мера устойчивости задачи.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Оценка устойчивости задачи полиномиальной аппроксимации. Программирование алгоритма.

Тема 6. Непрерывные обратные задачи. Метод регуляризации Тихонова нулевого, первого и второго порядков. Связь с псевдоинверсным решением.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Рассматривается алгоритм регуляризации Тихонова нулевого порядка для решения плохо-обусловленных обратных задач. Проводится сравнение получаемого решения с псевдоинверсным. Проводится модификация метода Тихонова для выделения непрерывного и гладкого решений.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод основных формул для задачи фотометрического картирования звезды методом Тихонова.

Тема 7. Методы определения параметра регуляризации: критерий невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Разбираются различные алгоритмы выбора параметра регуляризации для решения задач методом Тихонова. Рассматриваются эвристические алгоритмы (метод невязки и L-кривой), а также метод обобщенной перекрестной проверки.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Разработка алгоритма и вывод формул для выбора параметра регуляризации в задаче картирования звездной поверхности.

Тема 8. Другие методы регуляризации: метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO, итерации Ландвебера и Качмажа.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Разбираются другие методы регуляризации: метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO, итерации Ландвебера и Качмажа. Описываются алгоритмы их реализации и рассматриваются примеры их использования в астрофизике.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Программирование алгоритма восстановления изображения двойной звезды методом максимума энтропии. Программирование алгоритма фильтрации изображения при помощи TV-регуляризации.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Классификация обратных задач. Примеры обратных задач в астрофизике. Некорректность обратных задач.	9	1	Программирование алгоритма расчета кривых лучевых скоростей спектрально-двойной звезды или кривой блеска затменно-двойной системы.	4	домашняя СР
2.	Тема 2. Решение дискретных обратных задач. Методы наименьших квадратов и наименьших модулей. Статистические аспекты наименьших квадратов и наименьших модулей.	9	2-3	Программирование методов МНК и МНМ для решения задачи аппроксимации данных тригонометрическим и алгебраическим полиномом для разных шумовых статистик.	8	домашняя СР
3.	Тема 3. Оценивание ошибок определения параметров в линейных и нелинейных задачах. Метод Монте-Карло.	9	4	Программирование алгоритма Монте-Карло для определения параметров двойной звезды по кривой лучевых скоростей и кривой блеска.	4	домашняя СР
4.	Тема 4. Решение нелинейных обратных задач. Методы оптимизации: Нелдера-Мида, метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, гибридный метод, методы Гаусса-Ньютона и Ливенберга-Маквардта.	9	5	Программирование оптимизации функции МНК задач интерпретации кривой лучевых скоростей и кривой блеска двойной звезды методами Нелдера-Мида и Гаусса-Ньютона.	4	домашняя СР

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Сингулярное разложение матриц. Псевдоинверсия Мура-Пенроуза. Число обусловленности.	9	6	Подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
6.	Тема 6. Непрерывные обратные задачи. Метод регуляризации Тихонова нулевого, первого и второго порядков. Связь с псевдоинверсным решением.	9	7	Программирование алгоритма расчета кривой блеска запятанной звезды.	4	домашняя СР
7.	Тема 7. Методы определения параметра регуляризации: критерий невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.	9	8	Программирование алгоритма восстановления звездной поверхности методом регуляризации Тихонова. Определение оптимального значения параметра регуляризации.	4	домашняя СР
8.	Тема 8. Другие методы регуляризации: метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO, итерации Ландвебера и Качмажа.	9	9	Подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, проверка решения задач самими студентами, обсуждение возможных вариантов решения и их оптимальности, разработка компьютерных программ решения различных астрофизических задач.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Классификация обратных задач. Примеры обратных задач в астрофизике. Некорректность обратных задач.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом кода разработанной программы моделирования кривых лучевых скоростей и кривых блеска двойной звезды.

Тема 2. Решение дискретных обратных задач. Методы наименьших квадратов и наименьших модулей. Статистические аспекты наименьших квадратов и наименьших модулей.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом кода разработанной программы полиномиальной аппроксимации методами МНК и МНМ.

Тема 3. Оценивание ошибок определения параметров в линейных и нелинейных задачах. Метод Монте-Карло.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом кода разработанной программы оценивания погрешностей определения параметров двойной звезды по кривым лучевых скоростей и кривым блеска.

Тема 4. Решение нелинейных обратных задач. Методы оптимизации: Нелдера-Мида, метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, гибридный метод, методы Гаусса-Ньютона и Ливенберга-Маквардта.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом кода разработанной программы описания кривых лучевых скоростей и кривых блеска симплекс-методом и методом Гаусса-Ньютона.

Тема 5. Сингулярное разложение матриц. Псевдоинверсия Мура-Пенроуза. Число обусловленности.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Оценка устойчивости простой дискретной задачи.

Тема 6. Непрерывные обратные задачи. Метод регуляризации Тихонова нулевого, первого и второго порядков. Связь с псевдоинверсным решением.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом разработанной программы моделирования кривых лучевых скоростей запятанной звезды.

Тема 7. Методы определения параметра регуляризации: критерий невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.

домашняя СР , примерные вопросы:

Объяснение студентом разработанной программы восстановления структуры поверхности звезды методом Тихонова.

Тема 8. Другие методы регуляризации: метод максимума энтропии, TV-регуляризация, LASSO, итерации Ландвебера и Качмажа.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Разработка блок-схемы алгоритма решения астрофизической задачи методами максимума энтропии, TV-регуляризации, LASSO, итераций Ландвебера и Качмажа.

Итоговая форма контроля

зачет (в 9 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

- 1) Определение прямых и обратных задач. Дискретные и непрерывные обратные задачи. Линейные и нелинейные обратные задачи. Некорректность обратных задач. Примеры дискретных и непрерывных обратных задач в астрофизике.
- 2) Линейная дискретная обратная задача. Метод наименьших квадратов и линейная регрессия. Система нормальных уравнений. Аппроксимация неравноточных измерений. Примеры линейной регрессии: аппроксимация алгебраическим и тригонометрическим полиномом. σ -клиппинг.
- 3) Статистические аспекты методов наименьших квадратов и наименьших модулей. Функция максимального правдоподобия. Нормальное распределение ошибок. Распределение Лапласа.
- 4) Нелинейные обратные задачи. Универсальные методы оптимизации: методы Нелдера-Мида, наискорейшего спуска, Ньютона, гибридный метод. Методы оптимизации квадратичных функций: метод Гаусса-Ньютона, Ливенберга-Маквардта. Параметр регуляризации.
- 5) Метод наименьших модулей. Устойчивость метода к выбросам (пример оценки скалярной величины по ее прямым измерениям). Поиск решения методом IRLS.
- 6) Оценка погрешностей в линейной и нелинейной обратной задаче. Ковариационная матрица. Метод Монте-Карло для оценки ошибок в нелинейных обратных задачах.
- 7) Сингулярное разложение матриц (SVD-разложение). Свойства матриц U , S , V . Сингулярные числа. Псевдоинверсный оператор Мура-Пенроуза, псевдоинверсное решение. Неустойчивость обратных задач. Число обусловленности.
- 8) Решение неустойчивых обратных задач методом Тихонова. Функционал Тихонова. Параметр регуляризации. Поиск решения в случае линейной и нелинейной обратной задачи. Сравнение решения Тихонова с псевдоинверсным решением: фильтрующие множители. Методы Тихонова первого и второго порядков.
- 9) Критерии выбора параметра регуляризации: метод невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.
- 10) Другие методы регуляризации: итерационные методы (Ландвебера, Качмажа), TV-регуляризация, LASSO Тибширани, метод максимума энтропии.

7.1. Основная литература:

1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов .? Фрязино : Век 2, 2006 .? 496 с..
2. Общий курс астрономии : учебник для студентов университетов : учебное пособие для университетов различного профиля / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В.В. Иванова ; МГУ им. М. В. Ломоносова .? Изд. 4-е .? Москва : URSS : [Либроком, 2011] .? 542 с.
3. Засов А.В. , Кононович Э.В. Астрономия. М.: Физматлит. 2011, 256 с. // http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2370

7.2. Дополнительная литература:

1. Общий курс астрономии : учеб. для студентов ун-тов / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .? Изд. 2-е, испр. ? М. : Едиториал УРСС, 2004 .? 538 с. : ил. ; 25 .? (Серия 'Классический университетский учебник') .? К 250-летию Моск. гос. ун-та им. М. В. Ломоносова .? Библиогр.: с.498-499 .? Указ.: с.516-533 .? ISBN 5-354-00866-2, 3000.
2. Общий курс астрономии : учебное пособие / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; Под ред. В. В. Иванова .? Москва : Едиториал УРСС, 2001 .? 544 с. : ил. ? К 250-летию Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова .? Библиогр.: с.499-501, Указ.: с.519-537 .? ISBN 5-354-00004-1.
3. Физика космоса : маленькая энциклопедия / Редкол.: Р. А. Сюняев (Гл. ред.) и др. ? Издание 2-е, переработанное и дополненное .? Москва : Советская энциклопедия, 1986 .? 783 с. : ил. ; 22 см. ? (Библиотечная серия) .? 5 р. 40 к.

4. Сурдин В.Г. Звезды. 2-е изд., исп. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 48 с. // http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2332

7.3. Интернет-ресурсы:

Inverse Problems (in Astrophysics) -

http://www.astro.uu.se/~piskunov/TEACHING/INVERSE_PROBLEMS/inverse_problems.html

Введение в язык R - <https://proglib.io/p/data-science-with-r/>

Машинное обучение - <http://www.machinelearning.ru/>

Основы MatLab - http://sernam.ru/lect_matlab.php

Программирование в Python - <https://pythonworld.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Обратные задачи астрофизики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

- общее количество единиц вычислительной техники - 10;
- общее количество единиц IBM PC, совместимой с вычислительной техникой - 10;
- из них с процессорами Pentium-II и выше - 10;
- студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам КФУ и сети Интернет через в аудитории для самостоятельной работы и с личных мобильных устройств через WiFi-станцию;
- для поддержки мультимедиа-презентаций во время лекционных занятий используются следующие программные продукты: Microsoft PowerPoint в составе Microsoft Office 2007 (2 академические лицензии), OpenOffice.org 3.0 Impress (открытая лицензия GPL), Adobe Reader 9 (предоставлено физическим факультетом для 20 рабочих мест на условиях академической лицензии Microsoft);
- количество компьютерных классов, том числе классы КФУ - 3;
- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки).

Вычислительная лаборатория

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено.

Автор(ы):

Колбин А.И. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Шиманский В.В. _____

"__" _____ 201__ г.