

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(САО РАН)

**ПРИНЯТО**

решением Ученого совета

САО РАН № 404

от «20» июня 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор САО РАН,

\_\_\_\_\_ / Г.Г. Валявин /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ  
ИЗМЕРЕНИЙ»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 72 ч. 1 1/3 нед.

Из них:

Лекций 14 ч.

Практических занятий 38 ч.

Самостоятельной работы 20 ч.

п. Нижний Архыз 2022

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951, утвержденной Программой кандидатского экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, принятой на заседании Ученого совета САО РАН.

Автор: кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории физики оптических транзиентов Э.В. Емельянов.

## 1. Общие положения

Целью курса является подготовка аспиранта к самостоятельной целенаправленной научной деятельности с возможностью наиболее эффективного использования рабочего времени для обработки экспериментальных результатов. Ознакомление с возможностями современных математических пакетов для ЭВМ очень важно для начинающего специалиста: он должен иметь представление, в какой программе и какими методами можно решить поставленную задачу наиболее эффективно и быстро. В разработанном курсе все практические задания выполняются в среде Octave, совместимой с проприетарным пакетом Matlab. Задания можно также выполнять и при помощи любого языка программирования или в любом другом математическом пакете.

Курс базируется на знаниях, которыми должен владеть выпускник физико-математического факультета: основы теории вероятностей и комбинаторики, математический анализ, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ. Так как некоторые методы являются относительно новыми, либо же подразумевают более глубокие познания, каждое практическое занятие сопровождается кратким теоретическим введением, в котором в конспективной форме приведены основные знания, необходимые для выполнения данной работы.

Курс включает в себя семь разделов. Каждый из них (за исключением первого) сопровождается как лекционными, так и практическими занятиями.

Дисциплина «Компьютерная обработка результатов измерений» – 2.1.6. относится к элективным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Компьютерная обработка результатов измерений», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета.

Дисциплина «Компьютерная обработка результатов измерений» логически, содержательно и методически связана с последующими компонентами программы аспирантуры – 1.1. «Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание научной степени кандидата наук к защите», 1.2. «Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных», 2.1.3. «Физика космоса, астрономия», 2.1.1. (Ф) «Аккреционные диски в астрофизике», 2.1.3. (Ф) «Близкие карликовые галактики: фотометрия и звездообразование», 2.1.4. (Ф) «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд», 2.1.5. (Ф) «Интерферометрия астрономических объектов», 2.1.6. (Ф) «Использование MATLAB в астрономии», 2.1.7. (Ф) «Исследования звездного магнетизма», 2.1.8. (Ф) «История астрономической спектроскопии», 2.1.9. (Ф) «Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением», 2.1.10. (Ф) «Методы панорамной спектроскопии», 2.1.11. (Ф) «Наблюдательные проявления релятивистских объектов в оптическом диапазоне», 2.1.14. (Ф) «Практическая космология Ближней Вселенной», 2.1.15. (Ф) «Современная галактическая радиоастрономия», 2.2. «Практика», 3. «Итоговая аттестация».

## 2. Планируемые результаты освоения дисциплины, соотнесённые с планируемыми результатами освоения программы

№ п/п	Результаты освоения дисциплины	Результаты освоения программы
<b>Аспирант должен знать:</b>		
1.	наиболее распространенные численные методы решения систем уравнений, полиномиальных и дифференциальных уравнений;	РД-2, РД-3
2.	основные методы очистки одно- и двумерных сигналов от шумов.	РД-2
<b>Аспирант должен уметь:</b>		
3.	вычислять основные характеристики случайных величин;	РД-2
4.	находить корреляционные зависимости;	РД-2, РД-4
5.	получать спектрограммы сигналов и обрабатывать их.	РД-2, РД-4
<b>Аспирант должен владеть:</b>		
6.	одним или несколькими математическими пакетами и/или языками программирования на уровне, достаточном для проведения базовых манипуляций с научными изображениями.	РД-3, РД-4

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 1/3 недели (72 часа).

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
		Лек.	Практ. зан-я	Сам. раб.	
1.	Общие сведения об измерениях. Виды сигналов. Обзор методов анализа сигналов	2		1	
2.	Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения	2	4	1	текущий контроль
3.	Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности	2	4	2	текущий контроль
4.	Теория оценок	2	8	2	текущий контроль
5.	Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения	2	4	4	текущий контроль
6.	Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-	2	8	4	текущий

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
	анализ				контроль
7.	Обработка изображений	2	10	6	текущий контроль, итоговый зачет
<b>Итого:</b>		<b>14 ч</b>	<b>38 ч</b>	<b>20 ч</b>	<b>72 ч</b>

#### 4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 2. Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 3. Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
3.	Тема 4. Теория оценок	8	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
4.	Тема 5. Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
5.	Тема 6. Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-анализ измеренных спектральных линий.	8	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
6.	Тема 7. Обработка изображений	10	разноуровневые индивидуальные задания, опрос итоговый зачет
<b>Итого:</b>		<b>38 ч</b>	

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация

##### 5.1. Форма проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических занятиях. Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

Текущий контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

Итоговый зачет проводится в рамках промежуточной аттестации.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается.

## 5.2. Форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме итогового зачета по дисциплине. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме.

Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам устного ответа на два вопроса из перечня. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

Итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

При сдаче итогового зачета по дисциплине отметка «зачет» выставляется, если аспирант демонстрирует знание основного материала, излагает его, применяет теоретические положения при решении практических задач.

Отметка «незачет» выставляется в случае, если аспирант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в изложении основного материала, не может увязывать теорию с практикой.

## 5.3. Вопросы к зачету

1. Физические измерения. Представление результатов измерения.
2. Виды сигналов. Преобразование сигналов из одного вида в другой.
3. Случайные величины. Вероятность. Плотность вероятности.
4. Характеристики случайных величин: математическое ожидание, медиана, мода. Свойства этих характеристик.
5. Теоремы Чебышёва и Бернулли. Закон больших чисел.
6. Моменты случайных величин и их свойства.
7. Основные свойства равномерного распределения.
8. Основные свойства биномиального распределения.
9. Основные свойства распределения Пуассона.
10. Основные свойства нормального распределения.
11. Основные свойства показательного распределения.
12. Ковариация и корреляция.
13. Корреляционная функция и ее применение.
14. Основные характеристики белого шума. Математический и физический белый шум.
15. Виды погрешностей результатов измерения. Определение количества значащих цифр в представлении результата измерения.
16. Методика вычисления погрешности результата косвенных измерений.
17. Метод наименьших квадратов. Получение аппроксимирующей формулы для линейной функции.
18. Теорема Ляпунова и правило «трех сигм».
19. Распределение «хи квадрат» и его применение.
20. Распределение Стьюдента и его применение.
21. Основные положения теории оценок.
22. Численные и аналитические методы решения систем линейных уравнений.
23. Численные и аналитические методы решения степенных уравнений.
24. Основные методы численного интегрирования.
25. Основные методы численного дифференцирования.
26. Обзор численных методов решения дифференциальных уравнений.
27. Метод Рунге-Кутты решения дифференциальных уравнений.
28. Основные методы интерполирования функции.
29. Преобразования Лапласа.
30. Z-преобразования.
31. Преобразования Фурье.
32. Преобразования Адамара.
33. Фурье-анализ.

34. Вейвлеты и их свойства.
35. Вейвлет-анализ.
36. Цифровые изображения и их свойства.
37. Преобразования изображений в пространственной области.
38. Преобразования гистограммы изображения.
39. Преобразования изображений в частотной области.
40. Фурье-фильтрация изображений.
41. Методы фильтрации шумов на изображениях.
42. Методы восстановления изображений.
43. Аффинные преобразования изображений.
44. Вейвлет-преобразования изображений.
45. Основные методы распознавания образов.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Основы теории вероятностей и математической статистики: учебник. / Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рукоусев А.В. – М.: Флинта: МПСИ, 2010, 487с.
2. Новейшие методы обработки изображений. / Потапов А.А. и др. – М.: Физматлит, 2008, 496с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. – Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 479с.
4. Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.- 624с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2005.- 604с.
6. Чен К., Джиблин П., Ирвинг А. MATLAB в математических исследованиях: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001.- 346с.
7. R. Gonzalez, R. Woods. Digital image processing, 4th edition. Hardback; 4th; New York City, NY: Pearson, 2017–03; ISBN-13: 978-0133356724
8. Солонина, А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB / А.И. Солонина. – СПб.: BHV, 2018. - 560 с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины**

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Высш. шк., 1987. – 630с.
2. Кнут Д.Э. Все про TeX./ Пер. с англ. М. В. Лисиной.- Протвино: АО RDTeX, 1993. – 592с.: ил.
3. Львовский С.М. Набор и верстка в системе LaTeX.- 3-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2003.- 448с.
4. Pan G.W. Wavelets in electromagnetic and device modeling.-John Wiley & Sons, Inc., Hobocen, New Jersey, 2003. – 531p.
5. Воробьев, С.Н. Цифровая обработка сигналов / С.Н. Воробьев. – М.: Academia, 2018. – 64 с.
6. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab. Учебное пособие для ВУЗов. 2020. ISBN 978-5-9912-0884-0.

### **6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

- Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/>
- Документация к Matlab на русском: <https://docs.exponenta.ru/>
- Онлайн ресурсы «Вольфрам математика» <https://www.wolframalpha.com/widgets/>

- База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
- Астрофизическая информационная система ADS - <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
- База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Звёздный каталог VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
- Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
- Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org>

## **7. Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, профессиональных баз данных**

- Операционная система: GNU/Linux (Альт Линукс, Calculate, «РОСА» или другой дистрибутив GNU/Linux из росреестра).
- Пакет символьных вычислений Maxima.
- Комплексный математический пакет Octave.
- Специализированный пакет обработки астрономических изображений MIDAS.
- Библиотеки для построения графиков gnuplot, MathGL.
- Макропакет для оформления научных результатов LaTeX - texlive.

## **8. Материально-техническое обеспечение**

- экран;
- мультимедийный проектор;
- компьютер;
- выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах;
- сервер общего доступа для обработки и хранения данных;
- текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН;
- оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН.

## **9. Особенности освоения дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких аспирантов.

Адаптированная рабочая программа входит в структуру адаптированной программы аспирантуры, которая разрабатывается под потребности конкретного обучающегося по его личному заявлению или решению комиссии по определению вида инклюзии и условий обучения сразу после зачисления такого аспиранта на 1 курс.

Порядок разработки адаптированной рабочей программы определяется локальным нормативным актом.