

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 «МЕТОДЫ ПАНОРАМНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 36 ч. 2/3нед.

Из них:

Лекций 16 ч.

Практических занятий 8 ч.

Самостоятельной работы 12 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: доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов А.В. Моисеев.

## 1. Общие положения

Панорамная (3D) спектроскопия – бурно развивающееся направление среди методов современных астрофизических исследований. Основная идея 3D-спектроскопии состоит в получении спектральной информации от каждой точки (пространственного элемента) в поле зрения прибора. Результатом являются так называемые «кубы данных», анализ которых позволяет детально изучить двумерные распределения различных параметров, измеряемых по абсорбционным и эмиссионным линиям (поля лучевых скоростей, карты электронной плотности газа, изображения в различных спектральных интервалах и т.д.).

В процессе изучения курса, аспирант ознакомится с различными принципами реализации методики панорамной спектроскопии на оптических телескопах, включая 6-м телескоп САО РАН, получит навыки работы с программным обеспечением, используемым для обработки и анализа такого рода данных.

Дисциплина «Методы панорамной спектроскопии» – 2.1.10.(Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы панорамной спектроскопии», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, и элективные дисциплины – 2.1.2. «Иностранный язык», 2.1.5. «Спектроскопия звезд и звездная эволюция», 2.1.6. «Компьютерная обработка результатов измерений», 2.1.7. «Астрономические светоприемники».

Дисциплина «Методы панорамной спектроскопии» 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», 2.2. «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.	современные технологии получения наблюдательных данных методами панорамной спектроскопии;	РД-1, РД-2, РД-4
2.	форматы представления данных 3D спектроскопии;	РД-1, РД-2
3.	основные принципы и алгоритмы первичной редукции данных 3D спектроскопии;	РД-1, РД-2, РД-4
4.	способы анализа 3D спектров в оптическом и ближнем ИК диапазонах.	РД-1, РД-2, РД-4

<b>Аспирант должен уметь:</b>		
5.	выбирать тип панорамного спектрографа, наиболее эффективно подходящего для решения поставленной астрофизической задачи;	РД-2, РД-4
6.	использовать доступные в Интернет архивы наблюдательных данных панорамной спектроскопии для выполнения исследования протяженных астрономических объектов;	РД-2, РД-4
7.	выполнять обработку и анализ данных 3D спектроскопии.	РД-2, РД-4
<b>Аспирант должен владеть:</b>		
8.	навыками в первичной редукации данных панорамной спектроскопии;	РД-1, РД-2, РД-4
9.	методиками анализа кубов данных в оптическом и ближнем ИК диапазоне.	РД-2, РД-4

### 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2/3 недели (36 часов).

№ 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.	Понятие «куба данных». История возникновения и развития методов панорамной (3D) спектроскопии.	2		1	
2.	Интегрально-полевые спектрографы с линзовым растром.	2		1	
3.	Интегрально-полевые спектрографы с волоконным входом.	2		2	
4.	Комбинированные системы. Резатели изображения (слайсеры). Спектрограф MPFS в CAO РАН. Перспективные спектрографы нового поколения.	4	2	2	текущий контроль
5.	3D спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. Перенастраиваемые фильтры.	4	4	2	текущий контроль
6.	Методы анализа собранных «кубов данных».	2	2	4	текущий контроль итоговый зачет
<b>Итого:</b>		<b>16 ч</b>	<b>8 ч</b>	<b>12 ч</b>	<b>36 ч</b>

#### 4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 4. Комбинированные системы. Резатели изображения (слайсеры). Спектрограф MPFS в САО РАН. Перспективные спектрографы нового поколения.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 5. 3D спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. Перенастраиваемые фильтры.	4	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
3.	Тема 6. Методы анализа собранных «кубов данных».	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос ИТОГОВЫЙ зачет
<b>Итого:</b>		<b>8 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 один вопрос 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. Что такое «куб данных»? Какие известны способы реализации 3D спектроскопии в оптическом и ИК диапазонах?
2. Каковы преимущества и недостатки полевых спектрографов с линзовым растром?
3. Каковы преимущества и недостатки полевых спектрографов с волоконным входом?
4. Каковы преимущества и недостатки комбинированных волоконно-линзовых систем?
5. Каким образом происходит построение спектрального куба данных с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо?
6. Каким образом измеряются параметры аппаратного контура в различных 3D-

спектрографах (интегрально-полевые системы, сканирующий ИФП)?

7. Какие методы используются для измерения лучевых скоростей по эмиссионным и абсорбционным спектрам галактик?

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

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

1. «3D Spectroscopy in Astronomy» eds. E. Mediavilla, S. Arribas, M. Roth, J. Cera-Nogue, and F. Sanchez, Cambridge University Press, 2009
2. «Science perspectives for 3D spectroscopy», eds M. Kissler-Patig, J.R. Walsh, M.M. Roth, ESO Astrophysics symposia, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
3. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо» Моисеев А.В., препринт САО РАН, N 166, 2002
4. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. II. Дополнительные процедуры», Моисеев А.В., Егоров О.В., Астрофизический Бюллетень, т. 63, с. 193, 2008

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

1. «Tridimensional Optical Spectroscopic Methods in Astrophysics» ASP Conference Series, Volume 71. Editor(s), G. Comte, M. Marcellin; Publisher, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California, 1995.
2. «Структура и эволюция галактик по наблюдениям их внутренней кинематики», Моисеев А.В., диссертация на соискание степени доктора физ.-мат. наук, САО РАН, 2012 [http://www.sao.ru/hq/moisav/moisav/Manuscript2\\_compact.pdf](http://www.sao.ru/hq/moisav/moisav/Manuscript2_compact.pdf)
3. Mediavilla E. et al. (eds), «3D Spectroscopy in Astronomy», Cambridge University Press: 2010 (глава 3 доступна в arXiv:0910.0167)
4. Пилюгин, Л.С., «Ионизованный газ в галактиках: физическое состояние и химический состав», 2013
5. Моисеев А.В., «Сканирующий интерферометр Фабри-Перо на 6-м телескопе САО РАН», Астрофизический бюллетень, 2021, 76, 380 <https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol76/N3/ASPB380.pdf>

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

- Integral Field Spectroscopy Wiki: <http://ifs.wikidot.com/>
- The Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey (CALIFA): <http://califa.caha.es/>
- ULySS (University of Lyon Spectroscopic analysis Software): <http://ulyss.univ-lyon1.fr/>
- The SAURON (Spectrographic Areal Unit for Research on Optical Nebulae) project website: <http://www.strw.leidenuniv.nl/sauron/>
- Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
- База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
- Астрофизическая информационная система ADS - <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
- База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Звездный 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**

- ULySS (University of Lyon Spectroscopic analysis Software) программное обеспечение для анализа астрономических данных.

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

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