

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 «АКТИВНЫЕ ЯДРА ГАЛАКТИК»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 72 ч. 1 1/3 нед.

Из них:

Лекций 25 ч.

Практических занятий

Самостоятельной работы 47 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.

Авторы: доктор физ.-мат. наук, профессор, **В.Л. Афанасьев**
кандидат ф.-м.н., младший научный сотрудник лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов, Е.С. Шабловинская,

1. Общие положения

Исследование активных ядер галактик (АЯГ, AGN) является одним из ключевых направлений современной астрофизики и занимает заметное место в научных исследованиях, проводимых в САО РАН.

В процессе изучения курса аспирант ознакомится с теоретическими основами физики активных ядер галактик и освоит методы исследований таких объектов на различных телескопах, включая БТА и РАТАН-600. Особое внимание уделяется развитию умения работать с литературными данными и способности усваивать методы и новейшие данные в исследуемой области. Поэтому заметная часть времени отводится на самостоятельную работу - домашние задания, выполнение которых контролируется в виде небольших индивидуальных опросов-собеседований, сопровождающих каждую лекцию.

Дисциплина «Активные ядра галактик» – 2.1.2. (Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Активные ядра галактик», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, и элективные дисциплины – 2.1.5. «Спектроскопия звезд и звездная эволюция» и 2.1.6. «Компьютерная обработка результатов измерений».

Дисциплина «Активные ядра галактик» 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
Аспирант должен знать:		
1.	учебную, методическую и научную литературу по тематике исследования;	РД-1, РД-2, РД-3
2.	методы работы с астрономическими базами данных; схемы доступа к открытым ресурсам астрономической периодической литературы;	РД-1, РД-2
3.	основные этапы обработки спектральных данных;	РД-2, РД-4
4.	методики анализа наблюдений;	РД-2, РД-4
5.	алгоритмы построения научного исследования;	РД-1, РД-2, РД-4

6.	формальные и этические нормы проведения научных изысканий.	РД-1
Аспирант должен уметь:		
7.	использовать современные индексируемые базы данных научных публикаций – ADS, AstroPh, WoS, Scopus, РИНЦ;	РД-1, РД-2
8.	эффективно использовать информационные технологии;	РД-1, РД-2
9.	анализировать и делать выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;	РД-1, РД-2
10.	самостоятельно осуществлять поиск астрономических данных.	РД-1, РД-2, РД-4
Аспирант должен владеть:		
11.	основными методами статистической обработки данных;	РД-1, РД-2, РД-3
12.	современными методами исследования астрофизических явлений и процессов;	РД-1, РД-2
13.	навыками анализа результатов астрофизических исследований;	РД-1, РД-2, РД-4
14.	методами проведения научной дискуссии;	РД-1, РД-2
15.	культурой системного научного мышления.	РД-1, РД-2

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 недели (108 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.	Открытие галактик с активными ядрами. Наблюдения и каталоги AGN. Общие свойства. Типы и классификация AGN.	2		4	текущий контроль
2.	Исследования структуры и механизмов излучения AGN. Сходства и различия – диагностические диаграммы. Морфология и структура AGN.	2		4	текущий контроль
3.	Модели источников энергии AGN. Роль неустойчивостей в галактическом диске и окружении AGN на различных масштабах. Аккреция материи и светимость AGN.	2		4	текущий контроль
4.	Фотоионизация и механизмы возбуждения линий. Комптоновское и обратное Комптоновское рассеяние. Поляризация излучения AGN.	2		4	текущий контроль

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
5.	Унифицированная модель AGN: область образования широких линий (BLR) - геометрия и физические особенности, области образования узких линий NLR, газовой пылевой тор. Релятивистские истечения материи (джеты) - анатомия джета и сверхсветовые движения.	3		5	текущий контроль
6.	Сверхмассивная черная дыра в центре AGN – теория и наблюдательные проявления. Метрика в окрестности черной дыры. Аккреционный диск – структура и роль аккреции в формировании AGN.	2		4	текущий контроль
7.	Измерения масс черных дыр: прямые и непрямые методы, метод эхокартирования (реверберации), зависимость радиус-светимость, использование фотоинизационных моделей, масс из поляризации широких линий.	3		5	текущий контроль
8.	Спектральные свойства эмиссионных областей AGN. Высокоэнергетическое излучение - спектр излучения аккреционного диска и линия Fe K α , ультрафиолетовое и оптическое излучение – континуум, широкие и узкие эмиссионные линии, запрещенные линии и диагностика плазмы.	2		4	текущий контроль
9.	Эмиссионные линии железа и связь между спектральными особенностями AGN – линии FeII в оптической и ультрафиолетовой частях спектра, линии металлов высокого возбуждения в горячей короне, популяции объектов А и Б типов.	2		4	текущий контроль
10.	Области поглощения в BAL-QSO и инфракрасное излучение на границе газовой пылевой тора. Радио излучение AGN.	2		4	текущий контроль
11.	Связь между родительской галактикой (host-galaxy) и AGN. Звздообразование в галактиках, эволюция распределения энергии в спектрах AGN, роль газовых течений в эволюции AGN и рост масс черных дыр.	3		5	текущий контроль итоговый зачет
Итого:		25 ч		47 ч	72 ч

4. Наименование и содержание практических занятий

Данный вид работы программой не предусмотрен.

5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация

5.1. Форма проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам устного опроса на лекционных занятиях. Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

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

Итоговый зачет проводится в рамках промежуточной аттестации.

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. Классификация AGN. Различие между сейфертовскими галактиками 1-го и 2-го типов.
2. Структура, морфология и механизмы излучения AGN.
3. Роль неустойчивостей в галактическом диске и окружении AGN на различных масштабах.
4. Эддингтоновский предел.
5. Основные этапы обработки спектральных данных низкого разрешения.
6. Сверхмассивная черная дыра и AGN.
7. Причина наблюдаемых сверхсветовых движениях в джетах.
8. Влияние окружения ядра галактики на его активность.
9. Спектральные свойства эмиссионных областей AGN.
10. Роль проведения плазменной диагностики при изучении ионизации газа в AGN
11. Результаты исследования линий поглощения в далеких квазарах.
12. Связь между родительской галактикой (host-galaxy) и AGN и звездообразование в галактиках

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Засов А., Постнов К., Общая астрофизика, 2011
2. Иванов В.В., Физика звезд, 2018
3. Бисноватый-Коган, Релятивистская астрофизика и физическая космология, 2011
4. Peterson B. M. An Introduction to Active Galactic Nuclei, 1997
5. Маршер А.П., Эрштадт С.Г. Взгляд на активные ядра галактик из прошлого и

настоящего, 2007

6. Schneider P. Extragalactic Astronomy and Cosmology, 2015

7. Bambi C. Astrophysical Black Holes: A Review, 2019

6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

1. Сильченко О.К. Происхождение и эволюция галактик, 2017

2. Соболев В.В., Курс теоретической астрофизики, 1975

3. Попович Л., Илич Д. Активные галактические ядра (серб.), 2017

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

– The AGN Black Hole Mass Database, <http://www.astro.gsu.edu/AGNmass/>

– Астрофизическая информационная система ADS - <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

– Европейская поисковая и информационная база астрофизических и астрономических данных <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>

– Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org/>

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

– Специальное программное обеспечение не требуется.

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.