

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 «ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 72 ч. 1 1/3 нед.

Из них:

Лекций 24 ч.

Практических занятий 12 ч.

Самостоятельной работы 36 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 ф.-м.н., академик РАН, научный руководитель САО РАН Ю.Ю. Балегга, н.с. группы методов астрономии высокого разрешения В.В. Дьяченко

1. Общие положения

Интерферометрия астрономических объектов – это раздел наблюдательной астрономии, который включает в себя методы получения изображений астрономических объектов с высоким угловым разрешением, вплоть до дифракционного предела инструмента. Методы получения изображения объектов с дифракционным разрешением на одиночном телескопе базируются на теории формирования изображения объекта при прохождении световой волны сквозь турбулентную атмосферу. Изучение пространственной структуры даже самых ярких объектов классическими методами с разрешением, превышающим 1–2 угловые секунды невозможно. Для восстановления структуры объекта в методах высокого пространственного разрешения используются математические алгоритмы, базирующиеся на операциях свертки, корреляции и фурье-анализа.

В процессе изучения курса аспирант изучит основы интерферометрии астрономических объектов, получит навыки работы в программах восстановления изображений небесных тел, позволяющие проводить фурье-анализ изображений, вычислять модуль и фазу фурье-спектра и однозначно реконструировать информацию о пространственной структуре объектов.

Дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов» – 2.1.5. (Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, и элективные дисциплины – 2.1.5. «Спектроскопия звезд и звездная эволюция», 2.1.6. «Компьютерная обработка результатов измерений», 2.1.7. «Астрономические светоприемники».

Дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов» 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.	современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов с разрешением вплоть до	РД-1, РД-2

	дифракционного;	
2.	методы теоретического анализа наблюдений;	РД-1, РД-2
3.	способы определения позиционных параметров двойных и кратных звезд, отношения яркости компонент, размеров небесных тел по восстановленным изображениям.	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4
Аспирант должен уметь:		
4.	использовать методики фурье-анализа спекл-изображений;	РД-1, РД-2, РД-4
5.	использовать всемирные банки информации при проведении исследований;	РД-1, РД-2
6.	корректно обрабатывать серии спекл-изображений, спектры мощности и автокорреляционные функции;	РД-1, РД-2, РД-4
7.	определять физические параметры звезд по результатам восстановления спекл-изображений.	РД-1, РД-2, РД-4
Аспирант должен владеть:		
8.	навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл-интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БГА;	РД-1, РД-2, РД-4
9.	методиками анализа спекл-изображений;	РД-1, РД-2, РД-4
10.	основными методами определения позиционных параметров, разности блеска между компонентами кратных звезд, конфигурации компонент в системе;	РД-1, РД-2, РД-4
11.	способами качественной и количественной оценки точности результатов.	РД-1, РД-2

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.	Введение в методы астрономии высокого разрешения. Основные понятия.	2		2	
2.	Турбулентность атмосферы и разрешение телескопа. Формирование астрономических изображений телескопом.	2		2	
3.	Принципы интерферометрии.	2	2	4	текущий контроль
4.	Методы восстановления по интерферометрическим данным. Спекл-интерферометрия.	5		5	

№ 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.	Методы накопления с сохранением фазовой информации.	2		2	
6.	Спекл-интерферометрия кратных звезд. Спекл-интерферометрия протяженных объектов.	7		7	
7.	Спекл-интерферометр. Функция спекл-интерферометра. Типы спекл-интерферометров.	2	2	4	текущий контроль
8.	Спекл-интерферометрические наблюдения. Наблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах.	2	8	10	текущий контроль ИТОГОВЫЙ зачет
Итого:		24 ч	12 ч	36 ч	72 ч

4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 2. Принципы интерферометрии.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 7. Спекл-интерферометр. Функция спекл-интерферометра. Типы спекл-интерферометров.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
3.	Тема 8. Спекл-интерферометрические наблюдения. Наблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах.	8	разноуровневые индивидуальные задания, опрос, итоговый зачет
Итого:		12 ч	

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. Каковы основные принципы формирования астрономических изображений телескопом?
2. Что такое параметр Фрида? Перечислите методы оценки атмосферного качества изображений?
3. Чем определяется передаточная функция спекл-интерферометрии?
4. Каковы необходимые условия для регистрации спекл-изображений астрономических объектов?
5. Перечислите методы накопления астрономических изображений с сохранением фазовой информации вплоть до дифракционного предела разрешения телескопа.
6. Перечислите способы компенсации атмосферной дисперсии.
7. Назовите принципы выбора оптимальных соотношений параметров фильтров для спекл-интерферометрических наблюдений.
8. Какие методы определения позиционных параметров кратных звезд?
9. Какие требования предъявляются к светоприемникам, используемым в спекл-интерферометрических системах?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. А.А. Токовинин, Звездные интерферометры, М: Наука, 1988
2. Сойфер В.А. (ред.), Методы компьютерной обработки изображений. М.: Физматлит, 2003
3. Сойфер В.А. (ред), Методы компьютерной оптики: Учебное пособие. М.: Физматлит, 2003
4. Albert Tarantola, Inverse problem theory and methods for model parameter estimation, 2005
5. Tony F. Chan and Jianhong Shen, Image processing and Analysis, 2005
6. Домненко В.М., Бурсов М.В., Иванова Т.В., Моделирование формирования оптического изображения: Учебное пособие. - СПб: НИУ ИТМО, 2011
7. Рандалл Р.Б. Частотный анализ, Дания: ДК-2850 Нэрум, 1989
8. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А., Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002
9. Франсон М. Оптика спеклов, М.: Мир, 1980

6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

1. Scholz Michael, Mira science with interferometry: a review Interferometry for Optical Astronomy II. Edited by Wesley A. Traub. Proc. of the SPIE, Vol. 4838, pp. 163-171, 2003
2. Roddier, F., The effects of atmospheric turbulence in optical astronomy, In: Progress in optics. Volume 19. Amsterdam, North-Holland Publishing Co., p. 281-376, 1981
3. Labeyrie, A., Stellar interferometry methods, In: Annual review of astronomy and astrophysics. Vol. 16, Palo Alto, Calif., Annual Reviews, Inc., p. 77-102, 1978
4. Dainty, J. C., The transfer function, signal-to-noise ratio, and limiting magnitude in stellar

speckle interferometry, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 169, p. 631-641, 1974

5. Fried, D. L., Angular dependence of atmospheric turbulence effect in speckle interferometry, In: High angular resolution stellar interferometry; Proceedings of the Colloquium, College Park, Md., August 30-September 1, 1978, Sydney, Australia, University of Sydney, pp.1-26, 1979

6. Balega I. I., Balega, Y. Y., Hofmann K.-H., Maksimov A. F., Pluzhnik E. A., Schertl D., Shkhagosheva Z.U., Weigelt G., Speckle interferometry of nearby multiple stars, Astronomy and Astrophysics, v.385, p.87-93, 2002

7. Mitrofanova, A., Dyachenko, V., Beskakotov, A., Balega, Y., Maksimov, A., Rastegaev, D., & Komarinsky, S. (2020). Speckle Interferometry of Nearby Multiple Stars: 2007–2019 Positional Measurements and Orbits of Eight Objects. The Astronomical Journal, 159(6), 266.

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

- 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/>
- 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

- Комплекс программ SPECKLE для определения позиционных параметров, разности блеска кратных звезд и восстановления спекл-изображений.

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.