

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(САО РАН)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета

САО РАН № 322

от «16» сентября 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор САО РАН

член-корр. РАН



Ю.Ю. Балега

«16» сентября

2014 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по специальной дисциплине

НАИМЕНОВАНИЕ: «ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ»

Направление
подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность
(профиль) подготовки

**01.03.02 АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ
АСТРОНОМИЯ**

Присваиваемая
квалификация:

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬ.
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ**

Объем занятий: Итого	72 ч.	2 з.е.
Из них:		
Лекций	24 ч.	
Лабораторных работ	12 ч.	
Практических занятий		
Самостоятельной работы	36 ч.	

п. Нижний Архыз
2014

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (Уровень высшего образования, Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 867, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 08 октября 2007г. № 274 и дополнительной программы кандидатского экзамена, принятой на заседании Ученого совета и утвержденной директором САО РАН.

Авторы: руководитель Группы методов астрономии высокого разрешения, к.ф.-м.н., с.н.с. Малоголовец Е.В. и м.н.с. Дьяченко В. В.

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов» - Б1.В.ДВ.1 относится к дисциплинам по выбору аспиранта вариативной части блока 1 «Дисциплины».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, дисциплина базовой части Б1.Б.2 «Иностранный язык» и обязательные дисциплины вариативной части Блока 1 - Б1.В.ОД.3 «Спектроскопия звезд и звездная эволюция», Б1.В.ОД.4 «Компьютерная обработка результатов измерений», Б1.В.ОД.5 «Астрономические светоприемники».

Дисциплина «Интерферометрия астрономических объектов» логически, содержательно и методически связана с последующими блоками учебного плана – 3 «Научно-исследовательская работа», 4 «Государственная итоговая аттестация» - Б3.1, Б4.Г.1, Б4.Д.1.

3. КОМПЕТЕНЦИИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 НАИМЕНОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индекс	Расшифровка
УК-1	-способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
УК-2	-способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
УК-3	-готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-

	образовательных задач;
УК-4	-готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;
ОПК-1	-способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
ПК-1	-способность свободно владеть разделами астрофизики, необходимыми для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований;
ПК-2	-способность обеспечивать наблюдения на современных телескопах по научным программам отечественных и зарубежных исследователей;
ПК-3	-способность использовать знания современных проблем и новейших достижений астрофизики в своей научно-исследовательской деятельности;
ПК-4	-способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области астрофизики и решать их с применением новой аппаратуры, оборудования, информационно-коммуникационных и цифровых технологий с учетом новейшего отечественного и зарубежного опыта;

3.2 СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аспирант должен знать:

- современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов с разрешением вплоть до дифракционного (УК-1, УК-2, ОПК-1, ПК-1);
- методы теоретического анализа наблюдений (УК-1, УК-2, ПК-1, ПК-3);
- способы определения позиционных параметров двойных и кратных звезд, отношения яркости компонент, размеров небесных тел по восстановленным изображениям (УК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-3).

Аспирант должен уметь:

- использовать методики фурье-анализа спекл-изображений (ОПК-1, ПК-2);
- использовать всемирные банки информации при проведении исследований (УК-2, УК-4, ПК-3);
- корректно обрабатывать серии спекл-изображений, спектры мощности и автокорреляционные функции (УК-1, ОПК-1, ПК-4);
- определять физические параметры звезд по результатам восстановления спекл-изображений (УК-1, ОПК-1, ПК-4).

Аспирант должен владеть:

- навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл-интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БТА (УК-3, УК-4, ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4);
- методиками анализа спекл-изображений (УК-1, УК-3, УК-4, ОПК-1, ПК-4);
- основными методами определения позиционных параметров, разности блеска между компонентами кратных звезд, конфигурации компонент в системе (УК-3, ОПК-1, ПК-3, ПК-4);
- способами качественной и количественной оценки точности результатов (УК-1, УК-3, ОПК-1, ПК-2, ПК-4).

3.3 ПЛАНИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

УРОВНИ

СФОРМИРОВАННОСТИ

Уровни сформированности	Индикаторы	Дескрипторы	
		«зачтено»	«не зачтено»
Базовый	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов с разрешением вплоть до дифракционного; - методы теоретического анализа наблюдений; способы определения позиционных параметров двойных и кратных звезд, отношения яркости компонент, размеров небесных тел по восстановленным изображениям. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов с разрешением вплоть до дифракционного; - методы теоретического анализа наблюдений; способы определения позиционных параметров двойных и кратных звезд, отношения яркости компонент, размеров небесных тел по восстановленным изображениям. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - - современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов; - методы теоретического анализа наблюдений;
	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики фурье-анализа спекл-изображений; - использовать всемирные банки информации при проведении исследований; - корректно обрабатывать серии спекл-изображений, спектры мощности и автокорреляционные функции; - определять физические параметры звезд по результатам восстановления спекл-изображений. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики фурье-анализа спекл-изображений; - использовать всемирные банки информации при проведении исследований; - корректно обрабатывать серии спекл-изображений, спектры мощности и автокорреляционные функции; - определять физические параметры звезд по результатам восстановления спекл-изображений. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики фурье-анализа спекл-изображений; - использовать всемирные банки информации при проведении исследований;
	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл- 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл- 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл-

	интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БТА, - методиками анализа спекл-изображений, - основными методами определения позиционных параметров, разности блеска между компонентами кратных звезд, конфигурации компонент в системе, способами качественной и количественной оценки точности результатов.	интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БТА, - методиками анализа спекл-изображений, - основными методами определения позиционных параметров, разности блеска между компонентами кратных звезд, конфигурации компонент в системе, способами качественной и количественной оценки точности результатов.	интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БТА;
--	---	---	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости
		Лек-ции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Самостоят. работа	
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 зачет
4.	Методы восстановления по интерферометрическим данным. Спекл-интерферометрия.	5			5	
5.	Методы накопления с сохранением фазовой информации.	2			2	
6.	Спекл-интерферометрия кратных звезд. Спекл-интерферометрия протяженных объектов.	7			7	

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
7.	Спекл-интерферометр. Функция спекл-интерферометра. Типы спекл-интерферометров.	2		2	4	текущий зачет
8.	Спекл-интерферометрические наблюдения. Наблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах.	2		8	10	текущий зачет, итоговый зачет
Баланс времени:		24 ч		12 ч	36 ч	72 ч

5. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

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

6. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, представленным в п.9 рабочей программы.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на лабораторных занятиях (текущий зачет). Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

Итоговым контролем является итоговый зачет по дисциплине.

Итоговый зачет проводится на завершающем лабораторном занятии.

8.2 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющий оценить уровень сформированности компетенций, представлен следующими компонентами:

Код оцениваемой компетенции	Этап формирования компетенции (№ темы)	Тип контроля	Вид контроля	Компонент фонда оценочных средств	Кол-во эл-тов, шт.
УК-1 УК-2 УК-3 УК-4 ОПК-1	Темы 2,7,8	текущий зачет	электронный	лабораторная работа	3
ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Темы 1-8	итоговый зачет	устный	вопросы к зачету	9

8.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

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

8.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИТОГОВОГО ЗАЧЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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?

8.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

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

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить лабораторные и практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по лабораторным и практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.1.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

9.1.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

9.1.3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
2. База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
3. Астрофизическая информационная система ADS - <http://adswww.harvard.edu/>
4. База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
5. Звёздный каталог VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
6. Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
7. Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org/>

9.3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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

9.4 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- 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.