

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 «ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В
СПЕКТРОСКОПИИ ЗВЕЗД»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 36 ч. 2/3нед.

Из них:

Лекций 24 ч.

Практических занятий 10 ч.

Самостоятельной работы 2 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, профессор, главный научный сотрудник с возложением обязанностей заведующего лабораторией астроспектроскопии В.Е. Панчук.

1. Общие положения

Спектральное разрешение R дифракционного спектрографа, установленного на телескопе большого диаметра D , прямо пропорционально диаметру коллимированного пучка d и обратно пропорционально D . В последние четверть века диаметры телескопов D растут быстрее, чем диаметры d . Диаметр коллимированного пучка d определяется возможностями технологии изготовления нарезных дифракционных решеток, где уже достигнуты пределы по величине заштрихованной площади. При увеличении d увеличиваются габариты спектрографа, условия в объеме последнего все труднее стабилизировать. Для систем среднего спектрального разрешения $R \sim 10000$ резервы дифракционной спектроскопии еще сохраняются, тогда как для $R > 100000$ проблема уже признана. В теоретической спектроскопии со времен работы Жакино известно, что по величине произведения LR , (где L - светосила по потоку), в иерархии спектральных приборов интерферометр превосходит дифракционную решетку, которая, в свою очередь, превосходит призму. В спектроскопии звезд с высоким спектральным разрешением переход от призмных спектрографов к дифракционным состоялся еще в середине XX века, а необходимость развития интерференционно-дифракционных систем сегодня осознается единицами. Поэтому предлагаемый курс ориентирован скорее на перспективу, чем на подготовку специалистов, способных работать на уже существующих дифракционных спектрографах.

Дисциплина «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд» – 2.1.4. (Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд», 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 «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд» 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.	перечисленную учебно-методическую и	РД-1, РД-2

	научную литературу, включая работы научного руководителя в данном направлении;	
2.	особенности получения спектроскопических данных высокого и сверхвысокого разрешения;	РД-2, РД-4
3.	технические характеристики интерференционных приборов промышленной разработки.	РД-1, РД-2
Аспирант должен уметь:		
4.	применять системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH);	РД-1, РД-2
5.	использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов;	РД-2, РД-4
6.	осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, технические описания приборов, инструкции по использованию наблюдательных данных);	РД-2, РД-4
7.	выполнять оценочные расчеты проектируемого интерференционно-дифракционного спектрографа.	РД-2, РД-4
Аспирант должен владеть:		
8.	техникой наблюдений на спектральной аппаратуре, созданной в лаборатории астроспектроскопии САО РАН;	РД-2, РД-4
9.	пакетами обработки данных, созданными для конкретных спектрографов;	РД-2, РД-4
10.	методами статистической обработки данных;	РД-1, РД-2
11.	методами проведения экспериментов на стандартных лабораторных спектрографах.	РД-1, РД-2

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.	Интерференционные явления.	2			

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
	Пространственная и временная когерентность источника. Типы источников излучения. Виды интерференционных полос и их характеристики. Локализация интерференционной картины.				
2.	Типы интерференционных систем. Многолучевая интерференция. Интерференционные системы с полосами наложения.	2			
3.	Двухлучевые интерферометры и их характеристики. Интерферометр Майкельсона. Интерферометры Цендера-Маха и Рождественского. Трехзеркальные и четырехзеркальные интерферометры. Интерферометры сдвига.	4			
4.	Многолучевые интерферометры. Трехлучевые и четырехлучевые интерферометры. Интерференционные фильтры. Интерферометр Фабри-Перо.	2			
5.	Интерферометр Фабри-Перо (ИФП). Угловая и линейная дисперсии. Свободный спектральный интервал (область дисперсии). Разрешающая способность. Устройство и юстировка интерферометра. Сложный интерферометр (мультиплекс). Спектральные приборы с ИФП. Скрещивание дисперсии ИФП с диспергирующим элементом другого типа. Способы регистрации интерферограмм. Светосила прибора с ИФП, по освещенности и потоку. Сравнение светосилы призмных и дифракционных спектрометров и спектрометра Фабри-Перо.	4		2	
6.	Интерферометр белого света с внешней постдисперсией. Интерферометрические методы измерения доплеровских смещений.	4			
7.	Интерференционно-поляризационные устройства. Поляризационный спектрометр Серковского.	2			

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
8.	Интерференционные методы измерений. Лабораторные измерения длин волн спектральных линий. Измерение ширины контура линии. Исследование аномальной дисперсии. Измерения показателя преломления.	2			
9.	Методы обработки интерферограмм. Приближенное определение порядка интерференции. Определение дробной части порядка и точного значения целой части порядка (метод совпадения дробных частей).	2			
10.	Расчет интерферометра Фабри-Перо.		2		текущий контроль
11.	Сборка и юстировка ИФП.		2		текущий контроль
12.	ИФП со скрещенной дисперсией (призмный спектрограф, внешняя установка).		2		текущий контроль
13.	ИФП со скрещенной дисперсией (дифракционный спектрограф, внешняя установка).		2		текущий контроль
14.	Оптоволоконный спектрограф с ИФП на внутренней установке.		2		текущий контроль итоговый зачет
Итого:		24 ч	10 ч	2 ч	36 ч

4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 10. Расчет интерферометра Фабри-Перо	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
2.	Тема 11. Сборка и юстировка ИФП.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
3.	Тема 12. ИФП со скрещенной дисперсией (призмный спектрограф, внешняя установка).	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос
4.	Тема 13. ИФП со скрещенной дисперсией (дифракционный спектрограф, внешняя установка).	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос

5.	Тема 14. Оптоволоконный спектрограф с ИФП на внутренней установке.	2	разноуровневые индивидуальные задания, опрос, итоговый зачет
Итого:		10 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. Интерференционные явления.
2. Типы интерференционных систем.
3. Двухлучевые интерферометры и их характеристики
4. Многолучевые интерферометры.
5. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП).
6. Интерферометр белого света с внешней постдисперсией.
7. Интерференционно-поляризационные устройства.
8. Интерференционные методы измерений.
9. Методы обработки интерферограмм.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. С.Толанский. Спектроскопия высокой разрешающей силы. М., ИЛ, 1955, 436с.
2. И.В.Скоков. Многолучевые интерферометры. М., Машиностроение. 1969, 248с.
3. Ю.А.Толмачев. Новые спектральные приборы. Принципы работы. Л., Изд. ЛГУ, 1976, 126с.
4. И.В.Скоков. Оптические интерферометры. М., Машиностроение, 1979, 129с.
5. Дж.Миберн. Обнаружение и спектрометрия слабых источников света. «Мир»,

М., 1979, 304с.

6. А.Г.Жиглинский, В.В.Кучинский. Реальный интерферометр Фабри-Перо. Машиностроение, Л., 1983, 176с.
7. И.М.Нагибина. Интерференция и дифракция света. Л., Машиностроение, 1985, 332с.
8. И.В.Скоков, Д.А.Журавлев, В.П.Журавлева. Проектирование дифракционных спектрографов. «Машиностроение», М., 1991, 128с.
9. В.Е.Панчук, М.Е.Сачков, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. Интегральные методы в астрономической спектроскопии. Астрофиз. бюлл., 2010, том 65, No1, с. 78–99.
10. E.S.Kulagin, V.E.Panchuk. Project of an Interferometric Ultrahigh Resolution Spectrograph. ASP Conference Series, 2017, Vol. 510, p.556.
11. V.E.Panchuk, Yu.B.Verich, V.G.Klochkova, et al. Echellé Spectrograph with a Fabry-Perot Interferometer in the Inner Mounting. ASP Conference Series, Vol. 510, 2017, p.566.

6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

1. P. Jacquinot, J. Opt. Soc. Am. 44, 761 (1954).
2. P. B. Fellgett, Optica Acta 2, 9 (1955).
3. P. Connes, Ann. Rev. Astron. and Astrophys. 8, 209 (1970).
4. С. М. Горский, И. Е. Кожеватов, В. П. Лебедев, Астрон. журн. 56, 590 (1979).
5. P. Connes, Astrophys. and Space Sci. 110, 211 (1985).
6. А.Н.Малахов, Кумулянтный анализ случайных негауссовых процессов и их преобразований. Советское радио. М. 1978.
7. V.E.Panchuk, V.G.Klochkova, The Technique of Stellar Spectroscopy in the First Quarter of the 21st Century. ASP Conference Series, Vol. 518, 2019, p.237.
8. V.E.Panchuk, V.G.Klochkova, M.E.Sachkov. Spectroscopic Studies of Exoplanets. Radial Velocities. ASP Conference Series, Vol. 518, 2019, p.213.

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/>
- 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

Системы обработки астрономических данных SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH.

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.