

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по специальной дисциплине

Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением

Направление подготовки: **Астрофизика**

Всего учебных часов: 72

Из них

Кол-во лекций: 30

Кол-во часов на самостоятельную работу: 32

Кол-во лабораторных занятий: 10

Нижний Архыз

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федеральных государственных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования для обучающихся в аспирантуре, утвержденными приказом Министерства образования и науки РФ от 16 марта 2011г. № 1365, рекомендациями Министерства образования и науки РФ от 22 июня 2011 г. N ИБ-733/12 о формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 08 октября 2007 г. № 274.

Автор: д.ф.-м.н., главный научный сотрудник САО РАН, проф. по специальности В.Е. Панчук

Программа одобрена на заседании ученого совета САО РАН от 22 декабря 2011г., протокол № 296.

1. Общие положения

Основным источником эмпирических представлений об астрономических объектах являются спектры. По степени информативности лидируют ультрафиолетовый, оптический и ближний инфракрасный диапазоны. По мере совершенствования техники астрономической спектроскопии объекты, исследованные со средним разрешением, становятся доступны методам высокого спектрального разрешения. Поэтому имеет смысл рассматривать обе группы методов совместно. Методами спектроскопии высокого разрешения сегодня исследуется большинство типов объектов Вселенной, от субсекундных образований на Солнце – до ярких квазаров. Современная отечественная литература по астроспектроскопии отсутствует. В университетских программах подготовки астрофизиков методам спектроскопии высокого разрешения уделяется, в лучшем случае, час-два. Более того, в некоторых вузах астрономы получают усеченный курс оптики, без практических занятий. Поэтому в плане аспирантской подготовки астрономов-наблюдателей необходимо иметь курс, достаточный для ликвидации упомянутых пробелов. Необходимость такого курса следует из опыта многолетней работы автора со студентами и аспирантами различных высших учебных заведений. По каждому из разделов проводятся демонстрационные или практические занятия.

2. Структура и содержание дисциплины

«Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
		Л	ЛЗ	СР	
1	Общие разделы. Оптика и спектроскопия. Оптические среды. 1.1. Оптические материалы, их физико-химические свойства. Работа с оптическими материалами. 1.2. Оптические свойства диэлектриков, полупроводников и металлов. Отражение излучения от поверхности оптических сред. Резонансное поглощение. Внутренний фотоэффект. Оптические свойства тонких пленок. Оптические волокна. 1.3. Применение диэлектриков, полупроводников и металлов в спектроскопии. 1.4. Просветляющие и зеркальные покрытия. 1.5. Оптические свойства воздуха.	2		2	

2	<p>Источники излучения. 2.1. Основные законы теплового излучения. Типы источников теплового излучения. 2.2. Газоразрядные источники излучения. Виды разрядов в газах и их основные особенности. 2.3. Излучение при термодинамическом равновесии. Излучение в условиях локального термодинамического равновесия. Излучение при отсутствии равновесия. 2.4. Механизмы уширения спектральных линий. Естественная (радиационная) ширина спектральных линий. Допплеровское уширение спектральных линий. Уширение линий при взаимодействии излучателя с окружающими частицами. Формирование контура спектральной линии в условиях реабсорбции излучения. 2.5. Типы газоразрядных источников излучения. Источник света с тлеющим разрядом. Источник света с полым катодом. Источник света с атомным пучком. Лампы низкого давления с дуговым разрядом. Газоразрядные источники света низкого давления с непрерывным спектром излучения. Ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления. Газовые лампы сверхвысокого давления. Импульсные лампы. Газоразрядные лампы с циклом в парах простейших химических соединений. Дуговой разряд в воздухе. Стабилизированная дуга. 2.6. Источники излучения, использующие электронные потоки. Электронные генераторы СВЧ. Мазеры на циклотронном резонансе. Изменение частоты излучения с помощью релятивистских эффектов. Синхротронное излучение. Излучение в ондуляторе. Обратный эффект Комптона.</p>	2		2	
3	<p>Приемники оптического излучения. 3.1. Общие вопросы фотографической регистрации излучения. 3.2. Приемники излучения, преобразующие световой сигнал в электрический. Типы приемников. Чувствительность. Шумы. Инерционность приемников. 3.3. Тепловые приемники излучения. Болметры. Термоэлементы. Оптико-акустические приемники. Пирозлектрические приемники. 3.4. Приемники излучения с внешним фотоэффектом. Фотоэлементы и фотоумножители. Электронно-оптические преобразователи. 3.5. Приемники излучения с внутренним фотоэффектом. Фоторезисторы. Приемники с $p-n$-переходом. Линейки и матрицы приборов зарядовой связи.</p>	2	2	2	
4	<p>Методы фильтрации оптического излучения. 4.1. Поглощающие (абсорбционные) светофильтры. 4.2. Метод фокальной изоляции. 4.3. Мелкодисперсные (дисперсионные) светофильтры. 4.4. Метод остаточных лучей. 4.5. Отражение от шероховатых зеркал и дифракционных решеток. 4.6. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. 4.7. Метод селективной модуляции. 4.8. Интерференционные и интерференционно-поляризационные светофильтры.</p>	2		2	
5	<p>Теория изображений. 5.1. Геометрическая оптика. 5.2. Аберрации оптических элементов и систем. 5.3. Разрешающая сила. Увеличение астрономического телескопа. 5.4. Яркость для протяженных и точечных объектов. 5.5. Неоднородности оптических сред. Оптические свойства атмосферы.</p>	2		2	
6	<p>Общие свойства спектральных приборов. 6.1. Классификация спектральных приборов. 6.2. Характеристики щелевых спектральных приборов. Нормальная ширина входной щели. Теоретическая и реальная разрешающая способность. Аппаратная функция. Светосила щелевых спектральных приборов (по освещенности, по потоку). Способы освещения щели спектральных приборов. Астрономический телескоп как осветительная система. Аппаратная функция при когерентном и некогерентном освещении щели. 6.3. Оптические схемы лабораторных спектральных приборов. Автоколлимационные приборы. Зеркальные, зеркально-линзовые и линзовые объективы приборов. Спектрометры и спектрофотометры. Двойные монохроматоры.</p>	2	2	2	
7	<p>Призма и призмные спектральные приборы. 7.1. Общие свойства призм. Угловое увеличение. Угловая и линейная дисперсии. 7.2. Разрешающая способность призмы. Поляризующее действие призм. Астигматизм призм. Кривизна изображения спектральных линий. 7.3. Системы призм. Оптические схемы призмных спектральных приборов.</p>	2		2	

8	Образование дифракционной картины в приборе с решеткой. 8.1. Угловое увеличение, угловая и линейная дисперсии дифракционной решетки. 8.2. Светосила. Разрешающая способность. Кривизна изображения спектральных линий. 8.3. Поляризующее действие дифракционных решеток. 8.4. Свободный спектральный интервал решетки (область дисперсии). Разделение спектров различных порядков. Предварительная монохроматизация излучения. 8.5. Скрещивание дисперсий. 8.6. Техника изготовления дифракционных решеток. Нарезанные дифракционные решетки и их дефекты. Голографические решетки. Решетки с объемным фазированием. 8.7. Оптические схемы приборов с плоскими дифракционными решетками разных типов. 8.8. Вогнутые дифракционные решетки (нарезанные и голографические). Основные свойства вогнутых решеток. 8.9. Типы спектральных приборов с вогнутыми дифракционными решетками. 8.10. Дифракционные оптические элементы (ДОЭ).	2	2	2	
9	Интерференционные спектральные приборы. 9.1. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП). 9.2. Угловая и линейная дисперсии. 9.3. Свободный спектральный интервал (область дисперсии). 9.4. Разрешающая способность. 9.5. Устройство и юстировка интерферометра. 9.6. Сложный интерферометр (мультиплекс). 9.7. Спектральные приборы с ИПФ. 9.8. Скрещивание дисперсии ИФП с диспергирующим элементом другого типа. 9.9. Способы регистрации интерферограмм. 9.10. Светосила прибора с ИФП, по освещенности и потоку. 9.11. Сравнение светосилы призмных и дифракционных спектрометров и спектрометра Фабри-Перо.	2		2	
10	Модуляционные спектральные приборы. 10.1. Фурье-спектрометр. Аппаратная функция. Особенности работы фурье-спектрометра. 10.2. СИСАМ - спектрометр с интерференционной селективной амплитудной модуляцией. 10.3. Растровый спектрометр. МОК-интерферометр. 10.4. Области применения дифракционных и модуляционных спектральных приборов.	2		2	зачет
11	Специальные разделы. Астрономическая спектроскопия. 11.1 Типы астрономических объектов. Звезды, двойные и кратные системы, звездные скопления, газо-пылевые туманности, межзвездные облака, галактики, квазары, тела Солнечной системы, экзопланеты. 11.2. Характеристики излучения протяженных и точечных астрономических объектов. Единицы измерений (поток, освещенность, звездная величина, угловые размеры). 11.3. Характеристики излучения фона ночного неба. Основные компоненты излучения (спектр гидроксила, линии ионов и атомов, непрерывный спектр). 11.4. Абсорбционный спектр земной атмосферы (теллурический спектр). Окна прозрачности земной атмосферы. 11.5. Общие характеристики приемников излучения астрономических объектов: спектральная чувствительность (кривая реакции), шумовые характеристики, квантовый выход, динамический диапазон. 11.6. Число одновременно передаваемых элементов изображения. 11.7. Пространственное разрешение многоканального приемника. 11.8. Временное разрешение приемника.	2		2	
12	Особенности регистрации излучения астрономических объектов приемниками разных типов. 12.1. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). Принцип действия и типы. 12.2. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Типы. 12.3. Электрографическая камера. 12.4. Телевизионные приемники. 12.5. Телевизионные приемники со счетом фотонов. 12.6. Приборы на основе фотопроводимости. 12.7. Твердотельные многоканальные приемники. 12.8. Микроканальные пластины.	2	2	2	
13	Типы астрономических телескопов. 13.1. Спектроскопия астрономических объектов. Классификация работ по спектральному разрешению. 13.2. Первые спектроскопические работы. Первые шаги звездной спектроскопии. 13.3. Широкощельность и светосила спектрографа. 13.4. Массовое производство астрономических спектров. 13.5. Подвесной призмный спектрограф.	2		2	

14	Спектрограф в неподвижном фокусе телескопа. 14.1. Сканирующие спектрометры. 14.2. Спектроскопия протяженных объектов. 14.3. Многообъектная щелевая спектроскопия. 14.4. Спектроскопия и «световое загрязнение» атмосферы Земли.	2	2	4	
15	Методы скрещенной дисперсии в астрономической спектроскопии. 15.1. Иерархия спектральных приборов в астрономии: призма – решетка – интерферометр. 15.2. Панорамные измерения с высоким спектральным разрешением. 15.3. Спектроскопия на орбитальных астрономических обсерваториях. 15.4. Методы первичной обработки и анализа спектров.	2		2	зачет
	Всего	30	10	32	72

3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы во время краткого опроса по предыдущей теме на лекциях. Итоговый контроль – зачеты по лабораторным работам. Вопросы к зачету формируются из разделов тем лекций.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением»

1. В.Ю.Теребиж. Современные оптические телескопы. ФМЛ, "МАИК", 2005, 79с.
2. В.Г. Ключкова, В.Е. Панчук, М.В. Юшкин, Д.С. Насонов. Измерения лучевых скоростей на звездных спектрографах БТА. Астрофиз. бюлл., 2008, том 63, №4, с. 410–418.
3. В.Е. Панчук, В.Г. Ключкова, М.В.Юшкин, И.Д.Найденов. Спектрограф высокого разрешения 6-метрового телескопа БТА. Оптический журн., 2009, т.76, №2, с.42-55.
4. В.Е.Панчук, В.Г.Ключкова, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. Спектроскопия звезд в наземном ультрафиолете. I: Техника наблюдений. Астрофиз. бюлл., 2009, том 64, №4, с.411–420.
5. В.Е. Панчук, М.Е.Сачков, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. Интегральные методы в астрономической спектроскопии. Астрофиз. бюлл., 2010, том 65, №1, с. 78–99.
6. В.Е. Панчук, В.Л. Афанасьев. Астроклимат Северного Кавказа - мифы и реальность. Астрофиз. бюлл., 2011, том 66, №2, с.253–274.
7. В.Е. Панчук, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. Спектрографы высокого разрешения с оптоволоконным входом. Астрофиз. бюлл., 2011, том 66, №3, с. 382–399.
8. Н.Н.Михельсон. Оптические телескопы. Теория и конструкция. "Наука", ФМ, М., 1976, 512с.
9. Д.Д.Максутов. Астрономическая оптика. 2-е изд. "Наука", Л., 1979, 395с.
10. Дж.Миберн. Обнаружение и спектрометрия слабых источников света. "Мир", М., 1979, 304с.
11. М.Эклз, Э.Сим, К.Триттон. Детекторы слабого излучения в астрономии. "Мир", М., 1986, 200с.
12. Г.Уокер. Астрономические наблюдения. "Мир", М., 1990, 351с.
13. И.В.Скоков, Д.А.Журавлев, В.П.Журавлева. Проектирование дифракционных спектрографов. "Машиностроение", М., 1991, 128с.
14. Lena P., Lebrun F. Observational Astrophysics (Astronomy and Astrophysics Library Series), 1998. 512p.