

Федеральное агентство по образованию
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра радиофизики и нелинейной
динамики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Методы радиоастрономии**
(наименование дисциплины)

для специальности **013800 – радиофизика и электроника,**
(код и наименование специальности, направления)

реализуемой на **физическом** факультете

Саратов, 2006 год

Рабочая программа
составлена в соответствии
с Государственным стандартом
высшего профессионального образования
по специальности 013800 – РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА
(номер государственной регистрации 170 ен/сп от 17.03.2000 г.)

ОДОБРЕНО:	УТВЕРЖДАЮ:
Председатель учебно-методической комиссии физического факультета, профессор _____ В.Л.Дербов _____ 2006 г.	Проректор по учебной работе, профессор _____ Е.М. Первушов _____ 2006 г.

СОГЛАСОВАНО:

Декан физического факультета,
профессор _____

Д.А.Зимняков

Заведующий кафедрой радиофизики и
нелинейной динамики физического факультета,
профессор _____

В.С.Анищенко

Вил учебной работы	Бюджет времени по формам обучения, час				
	очная		очно- заочная	Заочная	
	Полная программа	ускорен- ные сроки		полная программа	Ускоренные сроки
Аудиторные занятия, всего	36				
в том числе: - лекции - лабораторные (практические) – семинарские	36 - -				
Самостоятельная работа студентов	30				
Зачеты, +/-	+				
Экзамены, +/-					
Контрольные работы, количество	1				
Курсовая работа, +/-					

Автор:

профессор кафедры радиофизики
и нелинейной динамики

А.В. Хохлов

Раздел I. Организационно – методическое содержание

Курс "Методы радиоастрономии" читается студентам кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета, обучающимся по специальности 013800 -- радиофизика и электроника в течение 9-го учебного семестра и содержит 36 часов лекций. Цель курса состоит в изучении радиофизических методов исследования космического радиоизлучения и принципов построения современных радиоастрономических приборов. Изучаются методы радиополяриметрических измерений: методы радиоинтерферометрии: в том числе сверхдальней, рассматриваются структура и характеристики больших радиотелескопов типа РАТАН-600 и ССРТ в России и VLA в США. В результате изучения данного курса студенты должны иметь представление о совершенстве радиофизических методов исследований сигналов и о возможностях создания экстремальных по чувствительности и угловым разрешениям радиотехнических систем.

Раздел 2. Тематический план учебной дисциплины

№	Наименование	Бюджет учебного времени					Форма те-
		Всего	в том числе				
			лекции	Лабораторные и практические	Семинарские занятия	самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
Очная полная программа							
1.	Введение	2	2				
	Тема 1. Основные астрономические понятия	5	5				
	1.1.	1	1				
	1.2.	1	1				
	1.3.	2	2				
	1.4.	1	1				
	2. Тема 2. Радиоастрономические характеристики поля космического излучения	8	4			4	
	2.1	1	1				
	2.2	1	1				
	2.3	2	2				

1	2	3	4	5	6	4	8
3	Тема 3. Принципы измерения характеристик поля космического радиоизлучения радиофизическими методами	12	6			6	
3.1		1	1				
3.2		2	2				
3.3		1	1				
3.4		2	2				
4.	Тема 4.. Методы апертурного синтеза	22	10			12	
4.1		2	2				
4.2		2	2				
4.3		2	2				
4.4		2	2				
4.5		2	2				
5.	Тема 5. Поляризация космических радиоволн и методы ее измерения	17	9			8	
5.1.		1	1				
5.2.		1	1				
5.3.		1	1				
5.4.		2	2				
5.5.		2	2				
5.6.		2	2				
Итого:		66	36			30	контрольная зачет

Раздел 3. Содержание учебной дисциплины

Методы радиоастрономии

Введение

Радиоастрономия как физическая наука. Основные радиоастрономические открытия и направления радиоастрономических исследований. Роль радиофизических методов в астрономии. Поглощение космических радиоволн и окна прозрачности атмосферы. Рефракционные эффекты в радиоастрономии. Понятие о методах заатмосферной и космической радиоастрономии. Роль и место радиоастрономии в системе астрономических и физических наук. Мировоззренческое значение радиоастрономии.

Тема 1. Основные астрономические понятия

1.1. Небесная сфера. Горизонтальные, экваториальные, эклиптические и галактические координаты. Совмещение координат. Видимые движения звезд. Движение Солнца на разных широтах и полярные и тропические зоны Земли.

1.2 Измерение времени. Звездное, истинное и среднее солнечное время. Уравнение времени. Местное, всемирное, поясное и декретное время. Связь среднего солнечного времени со звездным. Связь прямого восхождения, долготы места, всемирного и звездного времени. Календари. Измерение расстояний. Астрономическая единица, световой год, парсек.

1.3. Понятие о сферической геометрии. Сферический треугольник. Основные формулы сферической тригонометрии: формулы синусов, косинуса стороны, четырех и пяти элементов. Паралактический треугольник и преобразование координат.

1.4. Классификация астрономических объектов. Понятие о космологии. Расширяющаяся Вселенная. Закон Хаббла. Космологические теории Эйнштейна, де Ситтера, Фридмана. Модель расширяющейся Вселенной Мак-Милна и Кри. Горячая Вселенная. Основные этапы в образовании Вселенной. Реликтовое микроволновое и нейтринное излучения..

Тема 2. . Радиоастрономические характеристики поля космического излучения

2.1 Особенности радиоастрономической терминологии. Энергия, мощность и спектральная мощность космического излучения. Спектральная и полная интенсивность излучения. Спектральная и полная яркость астрономических объектов, ее связь с интенсивностью излучения. Спектральная и полная плотность потока излучения, ее связь с вектором Пойтинга. Внесистемная единица измерения - янский. Спектральная плотность энергии. Связь спектральной плотности энергии со спектральной интенсивностью и спектральной плотностью потока излучения.

2.2. Понятие о термодинамическом описании поля космического радиоизлучения. Свойства и законы теплового равновесного излучения. Закон Кирхгофа и формула Планка. Спектральная и удельная интенсивность излучения абсолютно черного тела. асимптотические приближения для закона Планка: формула Вина и формула Рэлея-Джинса. Понятие о радиояростной температуре космического излучения.

2.3. Тепловые электрические флуктуации в проводниках. Формула Найквиста. Связь формулы Найквиста с формулой Рэлея-Джинса.

Тема 3. Принципы измерения характеристик поля космического радиоизлучения радиофизическими методами

3.1. Характеристики радиоастрономических антенн. Эффективная площадь антенны. Диаграмма направленности антенны и способы ее графического представления. Ширина луча и телесный угол диаграммы направленности Коэффициент и функция направленности антенны. Связь коэффициента направленности с эффективной площадью антенны.

3.2. Современное радиооптическое описание направленности антенн. Понятие о пространственно-частотном и угловом спектре диаграммы направленности антенны. Пространственно-частотная характеристика антенны как Фурье-трансформанта диаграммы направленности по мощности. Метод "островных диаграмм".

3.3. Эффективная температура антенны. Эффективная температура радиоастрономического приемника и радиотелескопа в целом.

3.4. Особенности измерения спектральной плотности потока. Расчет истинной спектральной плотности двумерных источников. Теорема Брейсуэлла. Принципы восстановления истинного распределения яркости радиоисточников. Использование преобразования Фурье для решения задачи восстановления распределения яркости. Главное решение задачи.

Тема 4.. Методы апертурного синтеза

4.1. Антенные решетки из двух и N элементов. Биномиальная антенная решетка. Задание апертурного распределения в соответствии с коэффициентами матрицы Паскаля. Антенны переменного профиля и перескопические антенны. РАТАН-600. Рупорно-араболитические антенны.

4.2. Суммирующий интерферометр. Диаграмма направленности интерферометра по напряженности поля и по мощности. Построение ПЧХ суммирующего интерферометра.

Измерение спектральной плотности потока. Понятие о функции различимости (функции видимости). Вывод функции различимости для однородного распределения яркости. Функция различимости для неоднородного распределения яркости.

4.3. Интерферометр с переключением фазы (мультипликативный интерферометр). и его преимущества по сравнению с суммирующим интерферометром. Диаграмма направленности мультипликативного интерферометра.

Мультипликативный интерферометр с одинаковыми антеннами, его ПЧХ и наблюдаемая плотность потока. Функция различимости. Крест Миллса как пример системы апертурного синтеза. Практические реализации креста Миллса. Сибирский солнечный радиотелескоп. Интерферометр Ковингтона (компаунд-интерферометр).

4.4. Параллельный и последовательный апертурный синтез. Использование вращения Земли для целой апертурного синтеза. Сверхсинтез Райла. Интерферометры с ретрансляцией. Радиointерферометры со сверхдлинной базой - высшее достижение современной радиофизики и радиоастрономии Проект "Полигам". Космический радиointерферометр с гигантской базой

4.5. Принципы построения современных высокочувствительных радиоприемников. Минимально обнаружимая плотность потока и температура. Классификация радиоастрономических приемников. Двухканальный супергетеродинный приемник. Компенсационный и модуляционный приемники излучения. Принципы синхронного детектирования и синхронного накопления сигналов. Корреляционные приемники с блоком аналогового перемножения сигналов и с гибридным кольцом. .

Тема 5. Поляризация космических радиоволн и методы ее измерения

5.1. Особенности оптического и радиофизического описания поляризационной структуры излучения. Виды поляризации волн.

5.2. Характеристики полностью поляризованных волн .Параметры поляризационного эллипса. Алгебраические описания поляризации комплексными векторами Джонса, матрицами когерентности Винера и вещественными векторами Стокса. Орбиты векторов Джонса и их представители. Физический смысл представителей орбит. Связь различных описания поляризации. Изображение поляризационных состояний на сфере Пуанкаре.

5.3. Векторы Стокса полностью поляризованной волны в терминах линейных и круговых поляризаций. Свойства отдельных координат вектора Стокса. Нормированные векторы Стокса. Представление на сфере Пуанкаре. Векторы Стокса неполяризованного и частично поляризованного излучения. Степень поляризации. Представление состояний частично поляризованного излучения на сфере Пуанкаре.

5.4, Поляризационные измерения. Понятие об амплитудно-фазовых, эллипсометрических, корреляционных и модуляционных измерениях поляризации. Поляризационная характеристика и "собственный вектор поляризации" антенны. Реакция антенны на волну произвольной поляризации. Матрицы Мюллера и их измерение.

5.5. Разложение волны на ортогональные составляющие и волноводные разделители поляризаций. Принцип действия и структура корреляционного радиополяриметра метровых волн. Принцип действия и структура модуляционного радиополяриметра сантиметровых волн. Понятие о полном поляризационном анализе.

5.6. Дифференциальный коммутационный метод - новый метод полного поляризационного анализа. Принципы разложения волны в трех ортогональных базисах в турникетном соединении волноводов с электрически управляемой длиной плеч. Структура и принцип действия турникетного дифференциального радиополяриметра. Особенности анализа структуры слабо поляризованных волн.

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка литературы по изучаемым разделам и темам;
- решение задач

Раздел 4. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

Бакулин П.И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии М.:Наука, 1970.

Блажко С.Н. Курс сферической астрономии. М.: Гостехиздат, 1954.

Краус Дж.Д. Радиоастрономия. М.: Сов.радио, 1973.

Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука, 1973.

Хохлов А.В. Введение в радиоастрономию. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1994.

Матвеевко Л.И. Радиоастрономия М.: Наука, 1977 (Итоги науки и техники . Сер. Астрономия Т.13.

Матвеевко Л.И., Кардашев Н.С., Шоломицкий Г.Б. Орадиоинтерферомтре с большой базой\ Изв.вузов. 1965, Т.8,№ 4,

Хохлов А.В., Бровка А.В. Прецизионные дифференциально-коммутиационные радиополяриметры СВЧ и КВЧ диапазонов. Практические реализации и перспективы использования.\ Приборы и техника эксперимента. 2000,№ 3.

Дополнительная литература

Пахольчик А.Г. Радиоастрофизика . М.: Мир, 1973.

Пози Дж.Л., Брейсуэлл Р.Н. Радиоасмтронмия. М.: Изд-во ИЛ. 1958.

Кузьмин А.Д., Салононович А.С. Радиоастрономические методы измерения параметров антенн. М.: Сов.радио, 1964.

Цейтлин Н.М. Применение методов радиоастрономии в антенной технике. М.: Совюрадио, 1966.

Каплан С.А. элементарная радиоастрономия. М.: Наука, 1966.

Раздел 5. Перечень средств обучения

Мультимедиа-проектор, документ-камера, компьютер.

Раздел 6. Контрольные вопросы к курсу

1. Дайте определения часового угла, склонения и прямого восхождения светила.
2. Что такое парсек? Как он связан с астрономической единицей расстояний?
3. Дайте определение звездного и солнечного времени.
3. Дайте определение спектральной интенсивности и яркости.
5. Каков физический смысл радиояростной температуры?
6. Дайте определение пространственно-частотной характеристики антенны.
7. Поясните физический смысл антенной температуры.
8. Сформулируйте проблему восстановления истинного распределения яркости источников? В чем состоит ее главное решение?
9. В чем различие суммирующего и мультипликативного радиointерферометров?
10. Каковы принципы построения крестообразных интерферометров?
11. Как используется вращение Земли в сверхсинтезе Райла?
12. Каковы принципы радиointерферометрии со сверхдлинными базами?
13. Рассмотрите основные принципы построения радиометрических приемников.
14. Какими структурами можно описать поляризацию космического радиоизлучения?
15. Какова реакция антенны на произвольно поляризованную волну?
16. Рассмотрите основные виды радиополяриметров и принципы их действия.
17. В чем заключается принцип дифференциально-коммутационной радиополяриметрии?
18. Как устроен дифференциально-коммутационный радиополяриметр и какими методами в нем осуществляется разложение волны в трех ортогональных базисах?