

Практическая радиоастрономия

Лектор: к.ф.-м.н., снс Конникова Валентина Константиновна
(лаборатория РАТАН-600 ГАИШ МГУ)

Код курса:	
Статус:	По выбору
Аудитория:	специальный
Семестр:	8 или 10
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часов
Семинаров:	0 часов
Практ. занятий:	4 часа
Отчётность:	зачёт или экзамен
Начальные компетенции:	С-ОНК-1, С-ОНК-4, С-ОНК-5, С-ОНК-6
Приобретаемые компетенции:	С-СК-3, С-ИК-3, С-ПК-1, С-ПК-2, С-ПК-4

Аннотация курса

Радиоастрономия является своеобразной наукой. Она возникла на стыке нескольких наук (радиофизика, астрофизика, теоретическая физика) и воплотила в себя самые современные достижения очень многих областей науки и техники.

Часто именно для радиоастрономии разрабатываются радиотехнические приборы и методы, которые затем находят применение в смежных областях радиофизики. Свое начало радиоастрономия берет со скромных инструментов 40-х гг., которые использовались в то время в радиолокации. Современные инструменты, а точнее их можно назвать сложнейшими системами, по своей масштабности могут сравниться, видимо, только с ускорителями элементарных частиц.

В радиоастрономии, как нигде в других областях, стали применять специальные методы обработки сигналов для извлечения максимальной информации при весьма низком уровне отношения сигнал/шум, новые методы анализа спектров.

В курсе рассмотрены все типы радиотелескопов, радиоастрономических приемников и методы наблюдений для всего диапазона длин радиоволн: от субмиллиметрового до декаметрового.

При определении основных характеристик сигналов космического радиоизлучения и описании методов наблюдений даются некоторые, основные, на наш взгляд, сведения о космических источниках и физических процессах.

Образовательные технологии

Отдельные части курса имеют электронную версию для презентации.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс взаимосвязан с курсами общей и теоретической астрофизики, а также со спецкурсами «Радиоастрономия», «Плазменная астрофизика» и «Астрофизика высоких энергий».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, дисциплина «Радиоастрономия».

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Конникова В.К., Лехт Е.Е., Силантьев Н.А. Практическая радиоастрономия. Москва, Изд-во Московского университета, 2011
2. Кисляков А.Г., Разин В.А., Цейтлин Н.М. Введение в радиоастрономию. Часть I. Основы радиоастрономии. Нижний Новгород: изд-во Нижегородского университета, М.: Физматлит, 1995.
3. Краус Дж.Д. Радиоастрономия. М.: Советское радио, 1973.
4. Пахольчик А. Радиоастрофизика. М.: Мир, 1973.
5. Сборник "Галактическая и внегалактическая радиоастрономия". М.: Мир, 1976.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Гинзбург В.Л. Теоретическая физика и астрофизика. М.: Наука, 1975.
2. Железняков В.В. Электромагнитные волны в космической плазме (генерация и распространение). М.: Наука, 1977.
3. Каплан С.А., Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979.
4. Бочкарев Н.Г. Основы физики межзвездной среды. М.: изд-во МГУ, 1992.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Р.Р. Вильсон «Космическое микроволновое фоновое излучение» УФН **129** (12) (1979)
2. Н.С. Кардашев «Радиовселенная» УФН **177** 553 (2007)
3. В.С. Бескин «Радиопульсары» УФН **169** 1169 (1999)
4. J.J. Condon "Radio emission from normal galaxies" Annual review of astronomy and astrophysics. **30** 575 (1992)
5. M. Elitzur "Astronomical masers" Annual review of astronomy and astrophysics. **30** 75 (1992)
6. T.S. Bastian, A.O. Benz, D.E. Gary "Radio emission from solar flares" Annual review of astronomy and astrophysics. **36** 131 (1998)
7. W. Hu, S. Dodelson "Cosmic microwave background anisotropies" Annual review of astronomy and astrophysics. **40** 171 (2002)
8. K.W. Weiler, N. Panagia, M.J. Montes, R.A. Sramek "Radio Emission from Supernovae and Gamma-Ray Bursters" Annual review of astronomy and astrophysics. **40** 387 (2002)
9. M. Gьdel "Stellar radio astronomy: probing stellar atmospheres from protostars to giants" Annual review of astronomy and astrophysics. **40** 387 (2002)

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – чёткость ответов на поставленные вопросы и уровень знаний пройденного материала.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – степень посещаемости занятий, активность студентов на лекциях и семинарах.

Программа курса

Введение. Возникновение радиоастрономии. Основные открытия в радиоастрономии

Основные понятия радиоастрономии. Яркостная температура. Плотность потока радиоизлучения. Полная энергия. Антенная и шумовая температуры. Радиоспектр. Радиолинии межзвездных молекул. Поляризация радиоизлучения.

Влияние атмосферы Земли на радионаблюдения. Основные параметры атмосферы. Прозрачность атмосферы. Поглощение радиоизлучения. Собственное излучение атмосферы. Радиорефракция. Флуктуации параметров земной атмосферы.

Антенны радиотелескопов. Простейшие излучатели электромагнитных волн. Основные параметры антенн. Ближняя и дальняя зоны антенны. Диаграмма направленности и угловое разрешение антенны. Эффективная площадь и облучение параболоида. Шумовая температура антенны. Диапазон длин волн антенны. Другие параметры антенны.

Типы антенн с заполненной апертурой: параболоиды вращения, параболические цилиндры, антенны с плоскими отражателями (перископы), антенны типа земляных чаш, рефракторы (синфазные антенны), рупорные антенны. Обтекатели антенн. Проблема предела чувствительности – путаница.

Приемники космического радиоизлучения. Амплитудно-модулированный сигнал и процесс детектирования. Радиовещательные приемники. Отличие космического сигнала от теле- и радиовещательного сигналов.

Компенсационный приемник. Модуляционный приемник для непрерывного излучения.

Приемники для радиолиний. Формирование схемы приемника для радиолиний. Виды модуляции в спектральных радиометрах. Фильтровой анализатор спектра. Акустооптический спектрометр. Автокорреляционный анализатор.

Разновидности модуляционных радиометров.

Шумовая температура приемников.

Элементы радиометров: генератор шума, модулятор, генератор опорного напряжения, вентили и циркуляторы, усилители высоких и сверхвысоких частот, транзисторные усилители, синхронный детектор, выходной фильтр.

Приемники миллиметровых и субмиллиметровых волн. Приемники миллиметровых волн. Приемники субмиллиметровых волн.

Криогенная техника.

Методы наблюдений и обработки данных.

Юстировка радиотелескопа.

Измерения параметров радиотелескопов. Искусственный калибровочный сигнал. Измерение эффективной площади антенны. Диаграмма направленности антенны. Шумовая температура антенны. Другие методы измерения параметров антенны.

Методы перефокусировки и моделирования.

Измерение шумовой температуры радиометра (приемника)

Метод прямых измерений мощности сигнала. Модуляционный режим.

Методы наблюдений источников радиоизлучения. Исследование дискретных источников. Картографирование. Калибровка потока. Спектральные наблюдения. Методы измерений космического фона.

Обработка данных наблюдений. Обработка данных при диаграммной модуляции. Точность определения потоков. Точность определения координат.

Измерения поляризации. Основные элементы, используемые в поляризационных измерениях. Линейная поляризация. Круговая поляризация. Измерения поляризации на миллиметровых и субмиллиметровых волнах.

Апертурный синтез.

Основные понятия апертурного синтеза. Использование вращения Земли для заполнения UV-плоскости. Наблюдения спектральных линий.

Интерферометры. Аддитивный интерферометр. Интерферометр с модуляцией фазы. Интерферометр интенсивностей. Система РСДБ.

Основные типы антенн апертурного синтеза: одномерные следящие решетки, крестообразные антенны, Т-образные антенны, кольцевые антенны, Y-образные антенны, система случайно расположенных антенн, система VLBA, Европейская система VLBI, космический телескоп. Основные характеристики радиотелескопов апертурного синтеза.

Обработка и калибровка данных.

Обзоры неба, каталоги и базы данных.

Исследование структуры Галактики. Картографирование плоскости Галактики в линии 21 см. Спиральная структура Галактики из наблюдений УС НII областей.

Методы проведения обзоров. Число радиоисточников. Подсчеты радиоисточников. Оптические отождествления радиоисточников.

Наиболее полные обзоры неба.