

Радиоастрометрия

*Лектор: д.ф.-м.н., профессор Жаров Владимир Евгеньевич
(кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии физического факультета МГУ)*

Код курса:	
Статус:	По выбору
Аудитория:	специальный
Семестр:	6
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	зачет
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

В данном курсе излагаются
В шестой части курса рассматриваются основы метода РСДБ, дается характеристика небесной и земной систем координат, которые задаются координатами радиоисточников и радиотелескопов, соответственно.

Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является основой всех астрономических курсов, поскольку в нем идет речь об основополагающих понятиях: системах координат, шкалах времени, о преобразовании координат и времени, об эффектах, искажающих положение светил на небесной сфере, и учете этих эффектов при обработке наблюдений. Курс, поэтому, читается первым из обязательных на астрономическом отделении.

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

Курсы «Сферическая астрономия», «Радиофизика», «Общая астрофизика»

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Жаров В.Е. Сферическая астрономия. Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебника для студентов ВУЗ'ов, обучающихся по специальности "Астрономия". Фрязино, Век-2. 2006. 480 с.
2. Green R.M. Spherical astronomy. Cambridge University Press. 1985. 520 p.
3. Куликов К.А. Курс сферической астрономии. М.: Наука, 1976. 232 с.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Жаров В.Е. Время. Большая Российская энциклопедия. 2006. Т.6. С.24.
Куимов К.В., Жаров В.Е. Астрономическая навигация,

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Земля и Вселенная, «Наука», 2008, т. 5, с. 3-15.

1. Жаров В.Е., Сажин М.В., Семенцов В.Н., Куимов К.В., Сажина О.С., Ашимбаева Н.Т. Принципы формирования списка опорных радиоисточников для небесной системы координат. *Астрономический журнал* Том 87, Номер 2, Февраль 2010, С. 132-140, 2010

2. V. E. Zharov, M. V. Sazhin, V. N. Sementsov, K. V. Kuimov, O. S. Sazhina and N. T. Ashimbaeva.

«The celestial reference frame stability and apparent motions of the radio sources». *Relativity in Fundamental Astronomy Proceedings IAU Symposium No. 261, 2009*. S. A. Klioner, P. K. Seidelman & M. H. Soffel, eds. P.50 – 55.

3. В. Е. Жаров, М. В. Сажин, В. Н. Семенцов, К. В. Куимов, О. С. Сажина «Физические причины вариации видимого положения квазаров». *Астрономический журнал*. 2009, том 86, №7, с. 627–637.

4. Sazhin, M. V.; Sementsov, V. N.; Zharov, V. E.; Kuimov, K. V.; Ashimbaeva, N. T.; Sazhina, O. S. «Cosmological and kinematical criteria for the ICRF2 sources selection», e-print arXiv: 0904.2146 , 2009.

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Программа курса по неделям освоения

1. Основы сферической астрономии (неделя 1-2)

Введение.

Предмет сферической астрономии и межпредметные связи курса. Краткий исторический обзор развития сферической астрономии как раздела астрометрии.

Структура курса. Основные задачи, решаемые сферической астрономией: определение сферических систем координат, определение шкал времени и единиц времени, преобразование между системами координат и между шкалами времени, учет эффектов, искажающих положение небесных объектов. Рост точности наблюдений и точность редуцированных вычислений.

Основы сферической тригонометрии.

Основные понятия: небесная сфера, основные круги и точки на небесной сфере, двугранный угол, сферический треугольник. Основные свойства сферического треугольника. Вывод основных формул сферической тригонометрии: формул синусов, косинусов и подобия. Сферические и прямоугольные координаты точки на небесной сфере.

2. Определение координатных систем на небе и Земле (неделя 3-5).

Позиционная астрономия.

Горизонтальная, экваториальная, эклиптическая и галактическая системы координат. Определение основных кругов и точек. Выделенные направления: отвесная линия и ось вращения Земли. Определение координат: азимута и высоты источника над горизонтом, прямого восхождения и склонения, эклиптической долготы и широты, галактической долготы и широты. Определение начала отсчета прямых восхождений. Определение эклиптики.

Преобразование координат из одной системы в другую. Углы Эйлера. Матрицы преобразования координат.

Топоцентрическая, геоцентрическая, гелиоцентрическая и барицентрическая системы координат. Понятие о небесной (ICRS) и земной (ITRS) системах координат. Изменение координат наземных пунктов. Модели тектонического движения плит.

Основные параметры фигуры Земли. Геоид и референц-эллипсоид. Определение геодезических координат. Связь геодезических координат с геоцентрическими. Астрономические координаты и локальное отклонение отвесной линии.

Определение барицентрической системы. Основные сведения о эфемеридах DE200/LE200, DE403/LE403.

Структура Астрономического Ежегодника.

Суточное вращение небесной сферы. Восход и заход звезд.

3. Определение шкал времени (неделя 6-9).

Шкалы времени.

Кульминация звезды. Определение момента прохождения источника через меридиан. Солнечное истинное и среднее время. Уравнение времени. Всемирное время. Системы Всемирного времени: UT0, UT1, UT2, Всемирное координированное UTC. Атомное время. Принцип формирования шкалы атомного времени. Стабильность шкалы атомного времени. Атомная секунда (секунда СИ).

Местное, поясное и декретное время. Часовые пояса.

Звездное время: истинное и среднее. Связь Всемирного и звездного времени. Вычисление истинного или среднего звездного времени по местному времени и обратно.

Динамические шкалы времени. Эфемеридное время. Эфемеридная секунда. Барицентрическое и земное динамическое время. Преобразование от шкалы Всемирного времени к барицентрическому динамическому времени.

Пульсарная шкала времени. Стабильность пульсарной шкалы времени.

Летосчисление. Юлианская дата. Юлианский год. Тропический и звездный год.

Неравномерность вращения Земли.

Причины изменения угловой скорости вращения Земли. Вековые, декадные, периодические изменения продолжительности суток. Движение полюса. Редукция за движение полюса.

4. Редукция астрометрических наблюдений (неделя 10-13).

Эффекты, искажающие положение источников на небесной сфере.

Рефракция. Вывод уравнения рефракции для плоскопараллельной и сферически-симметричной атмосферы. Таблицы рефракции. Влияние рефракции на прямое восхождение и склонение звезды. Рефракция при наблюдениях в радиодиапазоне. Задержка радиосигнала в ионосфере и тропосфере. Методы и точность учета задержки радиосигнала.

Аберрация. Историческая справка. Причины аберрационного смещения звезд. Суточная, годовая и вековая аберрация. Изменение координат звезды из-за аберрации. Приближенные и точные формулы учета годичной аберрации. Планетная аберрация.

Параллактическое смещение звезд. Тригонометрические параллаксы. Изменение экваториальных координат звезд из-за параллактического смещения. Горизонтальный параллакс. Определение астрономической единицы. Отрицательные параллаксы.

Собственные движения звезд. Преобразование координат звезд от одной эпохи наблюдений к другой. Вековой параллакс. Метод Шлезингера определения относительных тригонометрических параллаксов и собственных движений. Абсолютизация тригонометрических параллаксов и собственных движений. Космические астрометрические проекты. Проект HIPPARCOS и его результаты. Каталоги тригонометрических параллаксов и собственных движений. Точность измерения.

Редукция наблюдений.

5. Учет прецессии и нутации при астрометрических наблюдениях (неделя 14-15).

Прецессия и нутация.

Историческая справка. Причины прецессии и нутации. Основы математической теории прецессии и нутации. Прецессия от планет.

Понятие эпохи наблюдения, эпохи каталога, эпохи равноденствия. Средняя и истинная системы координат. Точные формулы учета влияния прецессии и нутации на координаты источников. Матрицы прецессии и нутации. Использование Ежегодника для учета прецессии и нутации. Уравнение равноденствий. Вычисление истинного звездного времени.

6. Основы редукции радиоинтерферометрических наблюдений (неделя 16).

Основы теории РСДБ.

Принципы наблюдений на РСДБ. Редукция наблюдений. Методы определения координат радиоисточников и радиотелескопов. Принципы построения земной (ITRF) и небесной (ICRF) систем координат. Микросекундная точность наблюдений и проблема стабильности небесной системы координат.