**Наблюдательные основы космологии**

д.ф.-м.н. Сажина О.С. (ГАИШ МГУ)

Программа курса:

Наблюдательные основы космологии

Observational Basics of Cosmology

1. Предмет науки космологии. Ключевые наблюдательные тесты современной космологии. Стандартная космологическая модель.

2. Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Возраст Вселенной. Понятие горизонта частиц. Методы измерения расстояний в космологии. Уравнения Фридмана. Основные эпохи эволюции Вселенной.

3. Поиск темной материи методами наблюдательной космологии. Барионное и небарионное вещество. Наземные и космические телескопы для задач космологии. Определение и свойства темной материи. Поиск темной материи: поиск недостающей массы (история открытия Нептуна) или поиск изменения законов физики (аномалия Меркурия)? Каптейн, Оорт и Цвикки. Кривые вращения галактик. Типы темной материи. Кандидаты в темную материю. Гравитационное линзирование. Каустики. Космическая змея и крест Эйнштейна. Режимы гравитационного линзирования: сильное, слабое линзирование и микролинзирование. Гравитационное линзирование на космической струне.

4. Темная энергия в ранней Вселенной и в современной Вселенной. Ускоренное расширение современной Вселенной. Сверхновые звезды – индикаторы ускоренного расширения. Лестница космических расстояний. Свойства темной энергии. Отрицательное давление в природе. Проявления темной энергии в наблюдениях. Теории для объяснения темной энергии: космологическая постоянная, квинтэссенция, фантомная энергия. Будущее Вселенной: сценарии эволюции. Проблемы Стандартной космологической модели: проблема горизонта, плоскостности. Прошлое Вселенной до Большого взрыва: теории инфляции (Гут и Линде) и понятие «мультиленной». Почему геометрия Вселенной близка к плоской? Почему Вселенная очень однородна на сверхбольших масштабах? Как в однородной Вселенной зародились галактики и крупномасштабная структура? Почему Вселенная расширяется?

5. Микроволновое фоновое реликтовое излучение и его анизотропия. «Первый свет» Вселенной. Случайное открытие реликтового излучения и конкурирующие открытия анизотропии реликтового излучения («Реликт» и COBE). Инструменты для исследования анизотропии реликтового излучения (WMAP, Planck и др.).

6. Крупномасштабная структура Вселенной. Иерархия объектов космосе: от планетных систем до крупномасштабной структуры.

7. Распространенность легких химических элементов. Кратко об элементарных частицах и о теории за пределами Стандартной модели физики частиц (суперсимметрия, квантовая гравитация, теории суперструн). Образование химических элементов в ранней Вселенной и в процессах звездообразования.

8. Гравитационные волны. Открытие гравитационных волн в двойных системах черных дыр и нейтронных звезд. Поиск космологических гравитационных волн.

9. Космические струны: определение, типы, модели, свойства, основные методы поиска наблюдательными методами.