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. Нейтринные телескопы. 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.

4. Гравитационное линзирование. Каустики. Космическая змея и крест Эйнштейна. Режимы гравитационного линзирования: сильное, слабое линзирование и микролинзирование. Гравитационное линзирование на космической струне.

5. 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.

6. 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?

7. 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.).

8. Крупномасштабная структура Вселенной. Иерархия объектов в космосе: от планетных систем до крупномасштабной структуры. Параметры Вселенной и их смысл. Определение параметров Вселенной по данным анизотропии и поляризации реликтового излучения. Другие методы для независимого определения космологических параметров (крупномасштабная структура Вселенной, данные по сверхновым и др.). Проблема параметра Хаббла.

9. 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.

10. Гравитационные волны. Что такое гравитационные волны? Источники гравитационных волн: двойные системы черных дыр и нейтронных звезд, сверхмассивные черные дыры, космические струны. Поиск космологических гравитационных волн.

11. Инструменты и методы обнаружения гравитационных волн: LIGO, тайминг пульсаров, «Небесная лира».

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