

Лекция №8. Астрономическая картина мира

Структурные уровни материи

Доступная нам природа условно разделяется на следующие уровни:

1. Микромир - элементарные частицы, ядра атомов, комплексы ядер, атомы, молекулы;
2. Макромир - комплексы молекул; микрофизические комплексы: кристаллы, коллоидные системы; клетка; организмы; сообщества организмов: экосистемы, биосфера;
3. Мегамир - планеты, звездно-планетные комплексы, галактики, Метагалактика.

Астрономия

Слово «астрономия» происходит от греческих *astron* — звезда и *nomos* — закон. Современная астрономия изучает процессы, протекающие макро- и мегамире.

Космология

Происхождение, эволюция и устройство Вселенной как целого изучаются *космологией*.

«Космология» от греч. kosmos — вселенная и logos — закон.

Современная космология - раздел астрономии, опирающийся на синтез научных, философских, а порой и религиозных знаний.

Теории о происхождении и устройстве Вселенной эмпирически труднопроверяемы и потому существуют в виде теоретических гипотез или математических моделей.

Ограниченность классической космологии (представления о вечной и бесконечной Вселенной)

1. *Гравитационный парадокс.* Предположение о бесконечности Вселенной ведет к признанию бесконечности действующих в ней сил тяготения. Это должно было бы привести к коллапсу Вселенной, что противоречит ее вечности.
2. *Фотометрический парадокс.* Если Вселенная бесконечна, то в ней должно существовать бесконечное число тел, а значит, светимость неба тоже должна быть бесконечной, однако этого не происходит.

Стационарная релятивистская космологическая модель

Создана в 1917 г. А. Эйнштейном. В ее основу положена общая теория относительности.

Вселенная рассматривалась Эйнштейном как вечная, статичная, не развивающаяся, симметричная во времени и пространстве.

Особенности релятивистской космологической модели

1. Сохранение принципа стационарности, неизменности Вселенной во времени. Эйнштейн даже видоизменил общую теорию относительности, введя в нее представление о дополнительной космической силе отталкивания, которая должна уравновесить взаимное притяжение звезд.
2. Введение представления о конечности Вселенной, которая проявляется не через наличие границ, а через замкнутость в пространстве. Сигнал, пущенный наблюдателем, вернется к нему с противоположной стороны.

Космологическая концепция Фридмана

В 1922 г. российский математик и физик Александр Александрович Фридман (1888-1925) выступил с критикой теории Альберта Эйнштейна и предложил свою концепцию.

Принципы концепции Фридмана

1. Космологический принцип однородности и изотропности пространства.

- а) Слабый вариант предполагает независимость процессов от направления и места.
- б) Сильный предполагает независимость процессов не только от направления и места, но и времени.

2. Релятивистский принцип взаимосвязи пространства и времени и их зависимости от материи.

Пространственно-временные свойства Вселенной задаются гравитационными полями и описываются уравнениями общей теории относительности. Признаются явления искривленности пространства и замедления времени.

Принципы концепции Фридмана

3. Принцип конечной скорости протекания любых физических процессов.
4. Принцип нестационарности Вселенной: искривленное пространство не может быть стационарным, его кривизна должна меняться во времени.

Модели Вселенной Фридмана

1. Случай средней плотности вещества ниже критической (10^{-29} г/см³).

Тогда кривизна пространства должна быть отрицательной, отвечающей геометрии Лобачевского. В этом случае Вселенная должна бесконечно расширяться.

Модели Вселенной Фридмана

2. Случай плотности вещества равной критической (10^{-29} г/см³).

В этом случае пространство обладает нулевой кривизной, отвечающей геометрии Евклида. Вселенная также должна неограниченно расширяться с постепенным уменьшением скорости расширения.

Модели Вселенной Фридмана

3. Случай плотности выше критической (10^{-29} г/см³).

В этом случае кривизна пространства изменяется с отрицательной на положительную. Вселенная должна периодически расширяться и сжиматься.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ФАКТЫ

Американский астроном Эдвин Хаббл (1889-1953) обнаружил в 1929г. эффект «красного смещения» - понижение частот электромагнитного излучения в спектрах удаленных галактик.

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$$

Например, голубая линия в спектре водорода имеет $\lambda_0 = 486,1$ нм, а в спектре звезды она имеет $\lambda = 486,6$ нм. $\Delta\lambda = 0,5$ нм

Связь красного смещения со скоростью удаления звезды

Если источник света удаляется от нас, то воспринимаемая длина волн увеличивается.

$$(\lambda - \lambda_0) / \lambda_0 = v / c = z$$

z – относительное красное смещение;

v – скорость удаления звезды;

c – скорость света

Расширяющаяся Вселенная

Поскольку излучение большинства звезд показывает красное смещение, то Вселенная находится в состоянии расширения, а значит, нестационарна.

Оценка времени существования Вселенной

Если бы скорость расширения была постоянной то можно было бы оценить возраст в 18 млрд лет,
если расширение Вселенной постепенно замедляется, то в 12 млрд лет,
если существуют космические силы отталкивания, то в 12-20 млрд лет.

Сингулярность

В 1927 г. бельгийский астроном Жорж Леметр (1894 -1966) предложил, что первоначальный радиус Вселенной равнялся 10^{-12} см, а ее плотность— 10^{96} г/см³.

В 1965 г. английский физик-теоретик Стивен Хокинг (р. 1942) математически обосновал необходимость состояния сингулярности в любой модели расширяющейся Вселенной.

Гипотеза Большого взрыва (модель горячей Вселенной)

В 40-е годы XX в. предложена американским физиком русского происхождения Джоржем (Георгием Антоновичем) Гамовым (1904-1968).

Согласно этой гипотезе эволюция Вселенной после взрыва из первоначального состояния сингулярности происходила поэтапно. Этапы эволюции Вселенной называются эрами

Этапы эволюции Вселенной

1. Адронная эра: длительность 10^{-7} с, температура Вселенной 10^{32} К.

Главными составляющие: элементарные частицы, между которыми осуществляется сильное взаимодействие. Вселенная - разогретая плазма

2. Лептонная эра: длительность 10 с, температура 10^{15} К. Главные составляющие: лептоны (*электроны, позитроны, и др.*).

Этапы эволюции Вселенной

3. *Эра излучения*: длительность 1 млн лет, температура 10 000 К. Преобладает излучение, а вещество ионизировано.
4. *Эра вещества*: длится и сейчас. Вселенная остывает, становится нейтральной и темной. Возникают первые протозвезды и протогалактики. Излучение перестает взаимодействовать с веществом и начинает свободно перемещаться по Вселенной (эти фотоны и нейтрино, остывшие до 3 К - реликтовое излучение).

Экспериментальное подтверждение гипотезы Большого взрыва

В середине 1960-х годов на основе модели горячей Вселенной астрофизиками из СССР и Великобритании были вычислены ожидаемые характеристики реликтового излучения.

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – космическое электромагнитное излучение, приходящее на Землю со всех сторон неба и имеющее спектр, характерный для излучения абсолютно черного тела при температуре около 3 К. При такой температуре основная доля излучения приходится на радиоволны сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Открытие реликтового излучения

В 1964 г. радиофизики Роберт Вудро Уилсон (р. 1936) и Арно Элан Пензиас (р. 1933) из лаборатории компании «Белл телефон» провели измерения радиоизлучения межзвездной среды на волне длиной 7,35 см. Они обнаружили на длине волны 7,35 см микроволновый шум, не зависящий от направления и времени суток, а также и от времени года.

Это свидетельствовало, что эти радиоволны, приходят не от Млечного Пути, а от значительно большего объема Вселенной.

Остающиеся вопросы

Гипотеза Большого Взрыва не дает ответа на некоторые вопросы.

1. Каковы причины образования галактик из ионизированного газа?
2. Почему наблюдается асимметрия вещества и антивещества?

Модель инфляционной Вселенной

Американский физик Алан Гут (р. 1947 г.) предложил для описания первых мгновений существования Вселенной.

Развита в трудах ряда отечественных и зарубежных физиков.

Модель не противоречит гипотезе Большого Взрыва, включая ее в качестве своего частного случая.

Базовым понятием инфляционной космологии является заимствованное в квантовой теории поля понятие физического вакуума.

Физический вакуум

Физический вакуум - форма материи, которая представляет собой невозбужденное состояние квантовых полей разных типов.

В нем постоянно рождаются и уничтожаются виртуальные частицы.

Вселенная — один из «пузырей», возникших из вакуумной пены.

Эволюция Вселенной

1. Фаза инфляции (раздувания)

Промежуток от 10^{-43} до 10^{-34} с. Формируются пространственно-временные характеристики Вселенной и она «раздулась» до размера 10^{100} см. Скорость раздувания значительно превосходила световую.

2. Через 10^{-34} с Вселенная перешла в область обычного гравитационного притяжения, но благодаря первоначальному импульсу расширение продолжается, температура возрастает до 10^{29} К.

На этом заканчивается стадия инфляции и начинается эволюция горячей Вселенной, описываемая моделью Большого Взрыва.

Благодарю за внимание!

