

ленной, модели сферически-симметричной Вселенной и др.

С сер. 20 в. понятие К. м. значительно расширилось. Теперь в К. м. рассматриваются не только механич. свойства движения вещества, но и физ. процессы, обуславливающие эволюцию Вселенной. Примером может служить модель горячей Вселенной (см. *Горячей Вселенной теория*), в к-рой предполагается, что в начале расширения вещество было не только очень плотным, но и имело высокую темп-ру (Г. Гамов, G. Gamov, 40-е гг. 20 в.). Наблюдения подтвердили справедливость этой модели. Др. примером является модель *раздувающейся Вселенной*, согласно к-рой предполагается, что в первые мгновения расширения Вселенной ($\leq 10^{-34}$ с) был период, когда в плотность энергии осн. вклад давало *скалярное поле* с ур-нием состояния $\epsilon = -p > 0$ (где ϵ — плотность энергии, p — давление), и Вселенная в этот короткий период расширялась экспоненциально быстро («раздувалась»). Наблюдения свидетельствуют в пользу справедливости этой модели.

Лит.: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., *Строение и эволюция Вселенной*, М., 1975; *Физика космоса*. Маленькая энциклопедия, 2 изд., М., 1986, с. 407; Лянде А. Д., *Раздувающаяся Вселенная*, «УФН», 1984, т. 144, с. 177. И. Д. Новиков.

КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ НУКЛЕОСИНТЕЗ — см. *Нуклеосинтез*.

КОСМОЛОГИЯ

Содержание:

1. Введение 476
2. Теория однородной изотропной Вселенной 476
3. Наблюдательная космология 477
4. Физика процессов в расширяющейся Вселенной 478
5. Проблема начала космологического расширения 479

Космология (от греч. *κόσμος* — мир, Вселенная и *lógos* — слово, учение) — раздел астрономии, изучающий Вселенную как целое и включающий в себя учение о строении и эволюции всей охваченной астр. наблюдениями части Вселенной. Эмпирич. основой космологич. теорий являются данные астр. наблюдений и данные эксперим. физики. Теоретич. базис К. составляют основные физ. теории, описывающие законы движения материи. К. использует также достижения математики и др. наук. Космологич. выводы и обобщения имеют большое мировоззренческое значение.

1. Введение

Представления о строении всего окружающего мира были важным элементом человеческой культуры на протяжении всей её истории. Эти представления отражали уровень знаний и опыт изучения природы в соответствующие эпохи развития человеческого общества. По мере того как расширялись пространственные (и временные) масштабы познаний человеком части Вселенной, менялись и космологич. представления. Первой космологич. моделью, имеющей матем. обоснование, можно считать геоцентрич. систему мира К. Птолемея (К. Ptolemaios, 2 в. н. э.). Она господствовала в науке ок. 1,5 тыс. лет. Затем её сменила гелиоцентрич. система мира Н. Коперника (М. Kopernik, 16 в. н. э.). В дальнейшем необычайное расширение масштабов исследованного мира благодаря изобретению и совершенствованию телескопов привело к представлению о звёздной Вселенной. Наконец, в нач. 20 в. возникло представление о Вселенной как о мире галактик (Метагалактике). Из рассмотрения этой истории цепочки смен космологич. представлений с неопровержимостью следует, что каждая «система мира» по существу была моделью наибольшей системы небесных тел, достаточно хорошо изученной к тому времени. Так, модель Птолемея правильно отражала строение системы Земля — Луна, система Н. Коперника была моделью *Солнечной системы*, идеи модели звёздного мира У. Гершеля (W. Herschel) и др. отражали нек-рые черты строения *Галактики*. Но каждая из этих моделей претендовала в своё время

на описание строения «всей Вселенной». Эта же тенденция на новом уровне прослеживается и в развитии К. в 20 в.

Ещё в 19 в. выяснилось, что попытки применения теории тяготения Ньютона и классич. физики к бесконечному распределению материи в пространстве ведёт к ряду серьёзных трудностей (см. *Гравитационный парадокс*, *Фотометрический парадокс*, *«Тепловая смерть» Вселенной*). Совр. К. возникла в нач. 20 в. после создания А. Эйнштейном (А. Einstein) релятивистской теории тяготения (общей теории относительности — ОТО). Первая модель Вселенной, основанная на новой теории тяготения, т. н. релятивистская космологич. модель, была построена А. Эйнштейном в 1917. Однако она описывала статич. Вселенную и, как показали астрофизич. наблюдения, оказалась неверной.

В 1922—24 А. А. Фридманом были получены общие решения ур-ний ОТО для вещества, в среднем равномерно заполняющего всё пространство, в к-ром к тому же все направления равноправны. Эти решения в общем случае нестационарны, они описывают расширение или сжатие всего вещества, всей Вселенной. В 1929 Э. Хаббл (Е. Hubble) в итоге многолетних астрофизич. наблюдений открыл расширение окружающего нас мира галактик, открыл расширение Вселенной, подтверждающее правильность выводов А. А. Фридмана. Фридмановские модели являются основой всего последующего развития К. Эти модели описывали механич. картину движения тяготеющих масс во Вселенной и её глобальную структуру. Если прежние космологич. построения призваны были описывать гл. обр. наблюдаемую структуру Вселенной, кажущуюся стационарной, то модели Фридмана по своей сути были эволюционными, связывали сегодняшнее состояние Вселенной с её предыдущей историей. С кон. 40-х гг. 20 в. всё большее внимание К. обращает на физику процессов, протекавших на разных этапах космологич. расширения. В 1946—48 появилась теория горячей Вселенной Г. Гамова (G. Gamov), согласно к-рой в начале расширения вещество характеризовалось огромной темп-рой. В это же время были разработаны принципиально новые астр. методы наблюдений. Возникла *радиоастрономия*, а затем, после начала космич. эры, развились *рентгеновская астрономия*, *гамма-астрономия*, *ИК-астрономия*. Новые возможности выявляли и у оптической астрономии.

В 1965 А. Пензиас (А. Penzias) и Р. Вильсон (R. Wilson) открыли *микроволновое фоновое излучение* (реликтовое излучение) — проэволюционировавшее (охладившееся) эл.-магн. излучение, к-рое имело в начале расширения Вселенной очень высокую темп-ру. Это открытие доказало справедливость теории Гамова.

Совр. этап в развитии К. характеризуется интенсивным исследованием проблемы начала космологич. расширения, когда плотности материи и энергии частиц были огромными. Руководящими идеями здесь являются новые теоретич. открытия в физике взаимодействия элементарных частиц при очень больших энергиях (см. *Великое объединение*). Др. важная проблема К. — объяснение возникновения *крупномасштабной структуры Вселенной* — скоплений галактик, самих галактик и т. д. из первоначально почти однородного расширяющегося вещества.

Следует подчеркнуть определяющую роль астрофизич. наблюдений в развитии совр. К. Её выводы и заключения проверяются прямыми или косвенными наблюдениями, и в этом смысле К. имеет такой же астрофизич. статус, как, напр., теория строения и эволюции звёзд.

2. Теория однородной изотропной Вселенной

Астрофизич. наблюдения показывают, что в масштабах, превышающих сотни Мпк (самые крупные скопления галактик имеют размеры ≈ 10 — 20 Мпк), рас-