

ГРАВИТАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В КОСМОЛОГИИ
И ОБРАЗОВАНИЕ ГАЛАКТИК



ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о структуре Вселенной, включающий описание галактик и скоплений галактик, является одним из центральных в современной космологии.

Идеализированная картина строго однородной и изотропной Вселенной, изложенная в первых двух разделах, безусловно отражает реальную действительность, но отнюдь не всю действительность, а именно, эта картина не описывает возникновение галактик и их скоплений.

Идейные основы теории однородной Вселенной (включая теорию горячей Вселенной) с достаточной полнотой были сформулированы более 20 лет назад. Последние 10 лет принесли наблюдательные подтверждения концепции горячей однородной изотропной модели, но мало изменили теоретические взгляды.

В вопросах структуры и неоднородности Вселенной положение противоположное, теория находится в состоянии бурного развития.

Высокая степень однородности реликтового излучения (несущего информацию о состоянии при $z \approx 1400$) наводит на мысль о том, что в эпоху рекомбинации водорода ($z \approx 1400$) возмущения были малы. С другой стороны, весьма неоднородное распределение вещества в масштабах галактик и их скоплений в нашу эпоху свидетельствует о том, что неоднородности нарастали с эпохи рекомбинации водорода до настоящего времени. Такое нарастание возмущений естественно объясняется гравитационной неустойчивостью однородного распределения вещества. Первые главы (9—11) настоящего раздела посвящены различным аспектам линейной теории неустойчивости: в ньютоновском приближении для обычного газа, в теории горячей Вселенной с учетом взаимодействия обычной материи и излучения, в рамках общей теории относительности, когда длина волны возмущений сравнима с размером, характерным для Вселенной как целого.

Математически точная теория может быть развита только в линейном приближении, для малых возмущений, когда каждая индивидуальная волна возмущений, каждое собственное решение линейной системы уравнений эволюционирует независимо от других.

Небольшая гл. 12 посвящена вопросу о случайных возмущениях и об их описании как суммы (суперпозиции) индивидуальных собственных решений. Статистически заданные функции часто применяются в теории турбулентности, в теории передачи информации и помех, но, может быть, недостаточно известны и привычны астрофизикам, чем и объясняется написание этой главы.

Однако принципиальная трудность теории заключается в том, что структура Вселенной соответствует большим возмущениям: средняя плотность вещества в скоплениях галактик в несколько раз больше средней плотности вещества во всем пространстве, а в галактиках — на несколько порядков больше. Линейная теория малых возмущений заведомо непригодна в этом круге явлений. Поэтому гл. 13, в которой мы приступаем к описанию реальной структуры Вселенной, содержит также развитие теории возмущений на случай возмущений большой амплитуды. Наряду с теорией возникновения структуры Вселенной как следствия эволюции малых первичных неоднородностей распределения материи в пространстве (так называемая теория адиабатических возмущений) рассматриваются и другие, альтернативные гипотезы образования структуры: гипотеза начальной турбулентности, гипотеза энтропийных возмущений и гипотеза зарядово-симметричного мнра, разбивающегося на области вещества и антивещества.

Оправданием такого обилия гипотез является тот факт, что вся современная теория возникновения галактик нацелена на расчет эволюции возмущений при данных начальных условиях на возмущения, но сам выбор начальных условий остается в большой мере произвольным. Чем обусловлено возникновение первичных возмущений, каков их характер — об этом существуют только смутные догадки (см. гл. 14). Выбор разного характера начальных возмущений и приводит к разным теориям происхождения галактик.

Лишь путем сопоставления следствий теорий с наблюдениями мы приходим к выводу о предпочтительности теории адиабатических возмущений. Надо подчеркнуть, что надежность этого вывода существенно меньше, чем достоверность утверждений классической теории эволюции Вселенной в целом, излагаемой в разделах I и II.

В гл. 15 излагается вопрос о степени однородности распределения плотности и изотропии скорости расширения в большом масштабе (больше $100 Mpc$), содержащем много скоплений. Поистине удивителен контраст между клочковатым распределением материи в малом масштабе и закономерным, равномерным распределением в большом масштабе.

Здесь средством исследования является реликтовое излучение. Результаты до сих пор носят характер неравенств — возмущения меньше определенного предела.

Оценки распределения материи по неоднородностям разного масштаба на сегодняшний момент и расчеты эволюции неоднород-

ностей в прошлом позволяют, хотя и грубо, оценить степень начальной неоднородности вблизи сингулярности.

Вырисовывается определенная характеристика спектра начальных возмущений. Намечается программа дальнейших исследований.

Особняком стоит гл. 16, посвященная гравитационным волнам. Сенсационные опыты Вебера по попыткам обнаружения гравитационных волн, способствовавшие возбуждению интереса к ним (в частности, и в связи с их ролью в космологии), не подтвердились. Но осталась необходимость трезвого теоретического анализа всего диапазона длин гравитационных волн, анализа их возможного значения в эволюции Вселенной.

Гравитационные волны остаются примером труднонаблюдаемой формы энергии. Приходится мобилизовать косвенные методы для суждения о роли этих волн в космологии.