

энергии вещества и излучения молоточно падают с течением времени (с расширением В.); б) в прошлом плотность энергии излучения значительно превосходила плотность энергии вещества, темп-ра В. была высокой (см. *Горячей Вселенной теория*); в) при темп-ре $T \sim 10^9$ К во В. происходил нуклеосинтез, в результате к-рого выработался указанный выше первичный хим. состав вещества во В.; г) если не учитывать квантово-гравитац. эффектов (см. *Квантовая теория гравитации*), то в нек-рый этап более ранний момент времени во В. должна была иметь место космологич. сингулярность, при этом плотность вещества и излучения была бесконечной. Однако уже при конечной, хотя и громадной плотности массы-энергии $\epsilon/c^2 \sim c^5/G^2 \hbar \sim 10^{94}$ г/см³ классич. представления о пространстве и времени (в частности, понятие эволюции со временем) теряют смысл, а общая теория относительности, на основании к-рой строятся космологич. модели, становится неприменимой. Этот момент, разделяющий квантовое и классич. пространство-время, иногда условно наз. «началом» или «рождением» нашей В. (разумеется, он ни в каком смысле не является началом для всего материального мира). Начальную стадию расширения В., когда плотности энергии вещества и излучения, а также темп-ра были высоки, наз. иногда Большим Взрывом.

Поведение В. вблизи сингулярности во многом определяет её совр. свойства. В частности, именно вблизи сингулярности формируются флуктуации (отклонения В. от однородности и изотропии), к-рые ответственные за образование галактик и крупномасштабной структуры В. и приводит к возникновению угл. анизотропии темп-ры реликтового излучения (см. *Первичные флуктуации* в горячей В.). В модели раздувающейся В. спектр первичных флуктуаций удаётся выразить через фундам. физ. постоянные — параметры квантовой теории всех полей, включая гравитационное. Топология трёхмерного пространственного сечения В. также определяется начальными условиями вблизи сингулярности и не изменяется в ходе дальнейшего расширения В. (см. *Топология Вселенной*). Наконец, изучение прошлого В. позволяет получить важную, хотя и косвенную информацию о свойствах элементарных частиц, в т. ч. слабовзаимодействующих, при энергиях вплоть до планковской $\sim 10^{19}$ ГэВ (такие энергии недостижимы в земных условиях).

Будущее Вселенной. Ур-ния ОТО дают возможность, в принципе, рассчитать эволюцию В. в будущем. Во фридмановских моделях В. существуют две альтернативы: либо вечное расширение В. с неограниченным уменьшением ср. плотности вещества, если $\Omega \leq 1$; либо, если $\Omega > 1$ и нет положительной космологической постоянной, смена в будущем расширения В. сжатием, к-рое оканчивается сингулярностью. Ввиду неопределённости в оценке Ω , вызванной гл. обр. наличием скрытой массы и трудностью определения плотности энергии однородной компоненты материи во В., отличной от реликтового излучения, в настоящее время нельзя точно предсказать судьбу В. вплоть до сколь угодно больших времён. Однако вполне возможны предсказания на конечные времена; напр., если принять, что постоянная Хаббла $H_0 \geq 50$ км/(с·Мпк), а возраст В. $t_0 \geq 10$ млрд. лет (что, вероятно, имеет место), и исключить экзотич. гипотезы вроде существования отрицат. энергии вакуума (отрицат. космологич. постоянной), то расширение В. будет продолжаться ещё не менее 20 млрд. лет, что существенно превышает срок активной жизни звёзд главной последовательности, в т. ч. Солнца.

Принцип Коперника и антропологический принцип в изучении В. Со времён Коперника в астрономии и космологии с успехом применялся методологич. принцип, согласно к-рому наше положение во В. не является центральным, выделенным. Этот т. н. принцип Коперника, или космологич. принцип, позволил сделать громадный скачок в познании В. от системы Птолемея до модели Фридмана. Однако его не следует абсолютизи-

ровать. Уже в данном выше определении В., выделяющем её среди всего материального мира, существует роль играет субъект наблюдения — человечество. Утверждение, что при интерпретации всех наблюдений необходимо, в принципе, учитывать факт существования наблюдателя как одно из внешних условий, составляет содержание антропологич. принципа. Различают слабый и сильный варианты антропологич. принципа в космологии. Суть первого из них заключается в том, что наше положение во В. (как во времени, так и в пространстве) всё же является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместным с нашим существованием в качестве наблюдателей. Слабый антропологич. принцип позволяет делать конкретные и проверяемые предсказания. Напр., совр. возраст В. t_0 можно приближённо предсказать до измерения постоянной Хаббла, если учесть, что существование жизни на Земле связано с притоком энергии от Солнца, и принять, что время жизни типичной звезды на главной последовательности (Солнца) $t_1 \sim t_0$ (время t_1 выражается через фундам. физ. постоянные и оказывается $\sim 10^{10}$ с, т. е. 10^{10} лет). Согласно сильному антропологич. принципу, сама В., законы физики, к-рыми она управляется, и её фундам. параметры должны быть такими, чтобы в ней на нек-ром этапе эволюции допускалось существование наблюдателей (человечества).

Лит.: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Стрельников и эволюция Вселенной, М., 1973; Вейнберг С., Гравитация и космология, пер. с англ., М., 1975; Космология. Теория и наблюдения, под ред. Я. Б. Зельдовича, И. Д. Новикова, пер. с англ., М., 1978; Новиков И. Д., Эволюция Вселенной, М., 1979; Крупномасштабная структура Вселенной, под ред. М. Лонгейра, Я. Эйнаста, пер. с англ., М., 1981.

ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ ЗАКОН — закон тяготения Ньютона в нерелятивистской механике, согласно к-рому сила гравитац. притяжения двух тел с массами m_1 и m_2 обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (1)$$

Здесь G — гравитац. постоянная, значение к-рой, определяемое из эксперимента, равно $G = 6,67 \times 10^{-8}$ см³г⁻¹с⁻². Закон сформулирован И. Ньютоном (I. Newton) в кон. 60-х гг. 17 в. (опубликован в 1687). В более общем смысле В. т. з. — универсальное свойство материи создавать гравитац. поле и испытывать на себе действие гравитац. полей.

В рамках ньютоновского В. т. з. гравитац. поле может быть описано с помощью скалярного потенциала φ , при этом сила F , действующая на пробную частицу массы m , равна

$$F = -m \text{ grad } \varphi. \quad (2)$$

Потенциал φ удовлетворяет ур-нию Пуассона:

$$\Delta \varphi = 4\pi G \mu, \quad (3)$$

где μ — плотность масс источника гравитац. поля, $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2$ — оператор Лапласа.

Гравитац. поле, создаваемое центрально-симметричным распределением масс, вне этого распределения совпадает с полем точечной массы, равной полной массе M объекта и расположенной в центре симметрии:

$$\varphi = -\frac{GM}{r}. \quad (4)$$

Поскольку сила (2), действующая на пробное тело, пропорциональна его массе, то приобретаемое телом ускорение зависит лишь от гравитац. потенциала:

$$a = -\text{grad } \varphi, \quad (5)$$

т. е. тела разл. массы движутся в гравитац. поле по одинаковым траекториям при совпадении нач. условий. Этот вывод о равенстве инертной и гравитац. масс, с высокой точностью подтверждённый экспериментально, лежит в основе и релятивистской теории тяготения — общей теории относительности (ОТО).