

Флуктуации поля ϕ играют и ещё одну, более фундам. роль. Если поле ϕ достаточно велико ($\phi > M_p \sqrt{M_p/m}$, рис. 2), то его уменьшение за счёт медленного скатывания к минимуму $V(\phi)$ оказывается несущественным по сравнению с флуктуативным изменением поля ϕ . В результате этого процесса в нек-рой части нач. объёма поле ϕ не уменьшается, а увеличивается. В то же время Вселенная продолжает быстро расширяться, так что полный объём, занятый увеличивающимся полем ϕ , не уменьшается, а экспоненциально растёт, причём тем скорее, чем больше поле ϕ . Т. о., любая область Р. В., содержащая достаточно большое (и достаточно однородное) поле ϕ , постоянно порождает новые и новые раздувающиеся области с большим полем ϕ , и этот процесс продолжается бесконечно. В рамках этих представлений эволюция всей Вселенной в целом не имеет конца и может не иметь единого сингулярного начала, до к-рого пространство и время вообще не существовали (рис. 3).

Рис. 2. Эволюция скалярного поля ϕ в простейшей теории поля с массой m и плотностью потенциальной энергии $V(\phi) = (m^2/2)\phi^2$. В области $\phi > M_p^2/m$, где $V(\phi) > M_p^4$, классическое описание пространства в простейших теориях невозможно. При $M_p/5 \lesssim \phi \lesssim M_p^2/m$ поле ϕ эволюционирует относительно медленно, а Вселенная расширяется квазиэкспоненциально. При $M_p \sqrt{M_p/m} \lesssim \phi \lesssim M_p^2/m$ амплитуда поля ϕ сильно флуктуирует, что ведёт к нескончаемому рождению новых и новых раздувающихся областей Вселенной. При $M_p/5 \lesssim \phi \lesssim M_p \sqrt{M_p/m}$ флуктуации поля ϕ имеют относительно небольшую амплитуду, они приводят к рождению неоднородностей плотности, нужных для образования галактик. При $\phi \lesssim M_p/5$ поле начинает быстро осциллировать вблизи точки $\phi = 0$, рождаются пары частиц, и энергия колеблющегося поля переходит в тепловую энергию родившихся частиц.

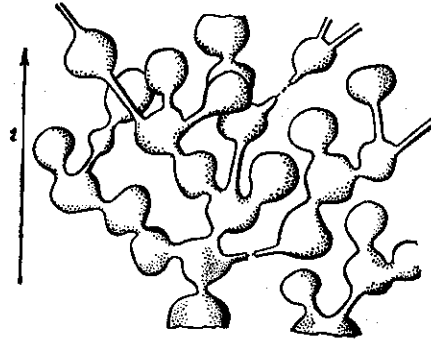


Рис. 3. Возможная глобальная структура раздувающейся Вселенной. Одна раздувающаяся область порождает много новых областей, в которых свойства пространства-времени и законы взаимодействий элементарных частиц друг с другом могут быть различны.

тормозящая сила, действующая на поле ϕ , уменьшаются. Поле начинает быстро колебаться вблизи минимума значения своей потенц. энергии $V(\phi)$. При этом поле ϕ рождает пары элементарных частиц, отдавая им свою энергию и тем самым разогревая Вселенную.

В типичных моделях стадия раздувания продолжается очень недолго, $\sim 10^{-35}$ с. Однако за это время раздувающаяся Вселенная успевает увеличить свой размер в $10^6 - 10^{10}$ раз (точные цифры зависят от выбора конкретной теории элементарных частиц и механизма, обеспечивающего раздувание). После столь сильного расширения геометрия пространства внутри раздувающейся области Вселенной становится практически неотличимой от евклидовой геометрии плоского мира, подобно тому как геом. свойства поверхности воздушного шара по мере его раздувания всё меньше и меньше отличаются от свойств плоскости. Раздувание Вселенной приводит к тому, что монополии и др. неоднородности оказываются преим. за пределами её наблюдаемой в совр. эпоху части размером $l_0 \sim 10^{28}$ см. Это одновременно решает проблемы однородности наблюдаемой Вселенной и малочисленности в ней монополей. Поскольку вся наблюдаемая часть Вселенной образовалась за счёт раздувания одной области ничтожно малого размера, нет ничего удивительного в том, что свойства различных удалённых друг от друга областей видимого нами мира оказываются в ср. одинаковыми.

Во время раздувания (инфляции) квантовые флуктуации скалярного поля ϕ , неизбежно присутствующие в вакууме, приобретают всё большую и большую длину волны, растягиваясь вместе с расширением Вселенной. Когда длина волны данной флуктуации $\delta\phi$ начинает превосходить величину H^{-1} , поле $\delta\phi$ перестаёт флуктуировать, его амплитуда «замораживается», а длина волны продолжает экспоненциально расти. Это приводит к непрерывному процессу генерации неоднородностей поля ϕ с большой длиной волны ($l \gg H^{-1}$), а они в свою очередь порождают неоднородности плотности, нужные для последующего образования галактик (см. *Первичные флуктуации* в ранней Вселенной).

В реалистич. теориях элементарных частиц, кроме поля ϕ , обеспечивающего раздувание, существует большое кол-во др. типов скалярных полей Φ , а их потенц. энергия $V(\Phi)$ зачастую имеет много локальных минимумов. Флуктуации, генерирующиеся во время раздувания, приводят к рождению разл. экспоненциально больших областей, заполненных разными полями Φ , соответствующими всем возможным минимумам энергии $V(\Phi)$. Квантовые флуктуации в областях с очень большими значениями поля ϕ [при $V(\phi) \sim M_p^4$, рис. 2] могут приводить к формированию раздувающихся областей Вселенной с др. типами компактификации. В результате Вселенная разбивается на много экспоненциально больших областей (рис. 3), внутри к-рых размерность пространства-времени, тип компактификации и свойства элементарных частиц могут быть различными (т. н. доменная структура Вселенной). Мы живём в 4-мерном пространстве-времени, в к-ром существуют известные нам типы взаимодействий, но не исключено, что это происходит не потому, что только так и может быть устроен мир. Возможно, что в разных частях Вселенной могут реализоваться все мыслимые состояния, но жизнь известного нам типа возникает только в 4-мерном пространстве-времени в вполне определёл. типах взаимодействий между элементарными частицами. Области Вселенной с иными свойствами, согласно теории Р. В., находятся от нас на расстоянии, на много порядков превышающем размеры наблюдаемой части Вселенной.

Т. о., теория Р. В. приводит к пересмотру существовавших ранее представлений о самых ранних стадиях эволюции наблюдаемой части Вселенной, о структуре Вселенной в целом и о нашем месте в мире. Ста-