

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ  
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(23—24 февраля 1983 г.)

23 и 24 февраля 1983 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*23 февраля*

1. Э. Л. А н д р о н и к а ш в и л и. Микроскопическая модель канцерогенеза, вызываемого ионами металлов.

2. А. Д. Л и н д е. Фазовые переходы в теории элементарных частиц и раздувающаяся Вселенная.

*24 февраля*

3. Г. В. Д о м о г а ц к и й. О перспективах развития работ по глубоководному детектированию мюонов и нейтрино на озере Байкал.

4. А. А. Т я н к и н. Дифракционное образование резонансов и обнаружение радиально-возбужденных двух состояний пиона.

Краткое содержание двух докладов публикуется ниже.

539.12.01(048)

А. Д. Линде. Фазовые переходы в теории элементарных частиц и раздувающаяся Вселенная. Современные единые теории элементарных частиц основаны на принципе спонтанного нарушения симметрии, приводящего к разделению взаимодействий на слабые, сильные и электромагнитные. Нарушение симметрии осуществляется за счет спонтанного возникновения во всем пространстве постоянных классических скалярных (хиггсовских) полей. В простейших теориях такого вида, называемых теориями Великого Объединения, возникают скалярные поля двух типов,  $\Phi \sim 10^{15}$  ГэВ и  $\phi \sim 10^2$  ГэВ. Наличие поля  $\Phi$  приводит к отделению сильных взаимодействий от электрослабых, появление поля  $\phi$  разделяет слабые и электромагнитные взаимодействия<sup>1</sup>.

При изучении больших систем частиц, взаимодействующих согласно единым теориям, оказывается, что с ростом температуры среды  $T$  скалярные поля  $\phi$  и  $\Phi$  исчезают

(при температурах  $T_{c1} \sim 10^2$  ГэВ и  $T_{c2} \sim 10^{14}$  ГэВ соответственно), и симметрия между всеми видами взаимодействий восстанавливается<sup>2</sup>.

Важным следствием этого эффекта является восстановление симметрии между сильными, слабыми и электромагнитными взаимодействиями в ранней Вселенной, когда температура превосходила  $10^{14}$  ГэВ. При расширении Вселенной температура падала, и происходила последовательность фазовых переходов с нарушением симметрии за счет возникновения полей  $\Phi$  и  $\phi$ . Несмотря на то, что эти фазовые переходы осуществлялись лишь на самых ранних стадиях эволюции Вселенной (при  $t_{c2} \sim 10^{-36}$  с и  $t_{c1} \sim 10^{-10}$  с соответственно, где  $t$  — время расширения Вселенной), они могут привести к ряду существенных следствий для современного состояния Вселенной. В некоторых теориях Великого Объединения соответствующие следствия оказываются противоречащими современным космологическим данным. Это позволяет наложить сильные ограничения на допустимые типы теорий.

Так, например, в теориях с относительно легкими хиггсовскими бозонами<sup>3</sup>, а также в простейших суперсимметричных теориях Великого Объединения<sup>4</sup> фазовый переход оказывается сильно затянутым и не мог бы произойти за все время существования Вселенной  $t \sim 10^{10}$  лет. В теориях со спонтанно нарушенной дискретной симметрией (например, со спонтанно нарушенной  $CP$ -инвариантностью) после фазового перехода должны были бы образоваться тяжелые доменные стенки, которые сильно нарушили бы изотропию Вселенной<sup>5</sup>. Наиболее неприятные эффекты обнаруживаются при рассмотрении рождения магнитных монополей в ранней Вселенной. Оказывается, что сверхтяжелые магнитные монополи с массами  $m_M \sim 10^{16}$  ГэВ в больших количествах должны были бы рождаться во время фазовых переходов практически во всех теориях Великого Объединения, и недопустимо много монополей должно было бы сохраниться к настоящему времени<sup>6</sup>. Проблема реликтовых монополей поставила под сильное сомнение совместимость современных космологических представлений и современной теории элементарных частиц.

Единственный известный сейчас способ решить проблему реликтовых монополей связан с так называемым новым сценарием раздувающейся Вселенной<sup>7</sup> (первая версия сценария раздувающейся Вселенной была предложена в работе<sup>8</sup>, но оказалась противоречащей космологическим данным). Основная идея этого сценария состоит в следующем. В некоторых типах теорий Великого Объединения фазовый переход с возникновением поля  $\Phi \sim 10^{15}$  ГэВ в ходе расширения Вселенной осуществляется из сильно переохлажденной симметричной фазы  $\Phi = 0$ . Плотность энергии вещества (элементарных частиц) в переохлажденной фазе быстро убывает с расширением Вселенной, и полная плотность энергии материи сводится к плотности энергии нестабильного вакуумного состояния  $\Phi = 0$ . Результатом этого является экспоненциально быстрое расширение Вселенной в неустойчивом состоянии  $\Phi = 0$ . Расширение остается экспоненциальным и на начальных стадиях процесса нарушения симметрии, пока поле  $\Phi$  еще не успевает стать достаточно большим. Если время, за которое поле  $\Phi$  вырастает от нуля до своего равновесного значения  $\Phi \sim 10^{15}$  ГэВ, достаточно велико, то за это время Вселенная успевает чрезвычайно сильно расширяться. Вследствие этого монополи, рождающиеся во время фазового перехода, оказываются на огромном расстоянии друг от друга, так что их плотность становится пренебрежимо малой<sup>7</sup>.

Оказывается, что рассматриваемый сценарий в принципе дает возможность решить не только проблему реликтовых монополей, но и целый ряд других космологических проблем таких, как проблемы горизонта, плоскостности, однородности и изотропии Вселенной<sup>7</sup>, а также проблема происхождения неоднородностей плотности, необходимых для образования галактик<sup>9</sup>. Однако полностью реализовать новый сценарий раздувающейся Вселенной можно лишь в теориях, удовлетворяющих определенным условиям, относящимся в основном к виду потенциальной энергии  $V(\Phi)$  скалярного поля  $\Phi$ <sup>7, 9</sup>). Построение реалистических теорий такого типа является важной и интересной задачей, стоящей перед современной теорией элементарных частиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тейлор Дж. Калибровочные теории слабых взаимодействий. — М.: Мир, 1978. Langacker P. — Phys. Rept. Ser. C, 1981, v. 71, p. 187.
2. Киржниц Д. А. — Письма ЖЭТФ, 1972, т. 15, с. 745. Kirzhnits D. A., Linde A. D. — Phys. Lett. Ser. B, 1972, v. 42, p. 471.
3. Linde A. D. — Rept. Progr. Phys., 1979, v. 42, p. 389.
4. Linde A. D. — Phys. Lett. Ser. B, 1980, v. 92, p. 119.
5. Srednicki M. — Princeton University preprint. — 1982.
6. Weinberg S. — Phys. Rev. Lett., 1982, v. 48, p. 1776.
7. Зельдович Я. Б., Кобзарев И. Ю., Окунь Л. Б. — ЖЭТФ, 1974, т. 67, с. 3.
8. Zeldovich Ya. B., Khlopov M. Yu. — Phys. Lett. Ser. B, 1978, v. 79, p. 239.
9. Preskill J. P. — Phys. Rev. Lett., 1979, v. 43, p. 1365.

7. L i n d e A. D.— Phys. Lett. Ser. B, 1982, v. 108, p. 389; v. 114, p. 431; v. 116, p. 335.
8. G u t h A. H.— Phys. Rev. Ser. D, 1981, v. 23, p. 347.
9. М у х а н о в В. Ф., Ч и б и с о в Г. В.— ЖЭТФ, 1982, т. 83, с. 475.  
 H a w k i n g S. W.— Phys. Lett. Ser. B, 1982, v. 115, p. 295.  
 S t a r o b i n s k y A. A.— Ibid., 1982, v. 117, p. 175.  
 G u t h A. H., P i S.-Y.— Phys. Rev. Lett., 1982, v. 49, p. 1110.