

## ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРАКЦИЙ УНИТАРНЫХ ГРУПП К СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

Громов Н.А.

*Физико-математический институт Коми НЦ УрО РАН, ул.  
Коммунистическая, 24, Сыктывкар, 167982, Россия  
e-mail: gromov@dm.komisc.ru*

Понятие контракции ортогональной группы было введено в работе Вигнера и Иненю [1]. Эта операция основана на введении в групповую структуру стремящегося к нулю параметра, с помощью которого осуществляется предельный переход, переводящий, в частности, простую группу в неполупростую. Мы обобщили метод контракций на классические группы и алгебры Ли унитарной и симплектической серий [2].

Для лучшего понимания сложных физических систем полезно исследовать их поведение в тех или иных частных случаях, при предельных значениях их параметров. Следуя данной парадигме, мы применяем метод контракций групп к современной теории элементарных частиц, известной как стандартная модель. Она включает электрослабую модель, которая объединяет электромагнитные и слабые взаимодействия частиц, а также квантовую хромодинамику, описывающие их сильные взаимодействия. Стандартная модель является калибровочной теорией, в основе которой лежит калибровочная группа  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ .

Мы рассматриваем определенным образом модифицированную стандартную модель с калибровочной группой  $SU(3; \epsilon) \times SU(2; \epsilon) \times U(1)$ , зависящей от контракционного параметра  $\epsilon = AT^{-1}$  обратно пропорционального температуре  $T$ , так что  $\epsilon \rightarrow 0$  отвечает  $T \rightarrow \infty$ . Подобные очень высокие температуры могут существовать в ранней Вселенной в первые мгновения после рождения в результате большого взрыва. Как следует из нашей гипотезы, элементарные частицы в эти времена демонстрируют весьма необычные свойства: все частицы становятся безмассовыми, все кварки имеют только один цвет, электрослабые взаимодействия являются дальнедействующими и переносятся только нейтральными токами, взаимодействуют между собой исключительно частицы одного вида.

В широком смысле слова деформация это обратная к контракции операция. Нетривиальная деформация некоторой алгебраической структуры представляет собой, вообще говоря, ее не очевидное обобщение. Квантовые группы [3], которые являются одновременно некоммутативными и некокоммутиативными алгебрами Хопфа, дают хороший пример такого обобщения, поскольку до их открытия были известны алгебры Хопфа только с одним из этих свойств. Но имеется процедура контракции математической структуры или физической системы можно реконструировать исходную структуру или систему с помощью деформации в узком смысле слова, двигаясь в обратном к контракции направлении.

Эти соображения, примененные в случае контракции стандартной модели, дают возможность восстановить эволюцию элементарных частиц и их взаимодействий в ранней Вселенной опираясь на современные знания о мире частиц сконцентрированные в стандартной модели. При  $\epsilon \rightarrow 0$  ее лагранжиан распадается на части, которые отличаются степенями контракционного параметра. Поскольку температура в горячей Вселенной связана с ее возрастом, то двигаясь вперед во времени, т.е. назад относительно высокотемпературной контракции, мы заключаем, что после рождения Вселенной частицы и их взаимодействия проходят ряд стадий в своей эволюции от начального состояния к стадии стандартной модели. Для каждой стадии выписываются соответствующие лагранжианы и при некоторых дополнительных предположениях находятся температурные границы.

### Литература

1. Inönü E. and Wigner E.P. On the contraction of groups and their representations // *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 1953. V. 39. P. 510–524.
2. Громов Н.А. *Контракции классических и квантовых групп*. М.: Физматлит, 2012.
3. Решетихин Н.Ю., Тахтаджян Л.А., Фаддеев Л.Д. Квантование групп Ли и алгебр Ли // *Алгебра и анализ*. 1989. Т. 1. Вып. 1. С.178–206.
4. Gromov N.A. Elementary particles in the early Universe // *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*. 2016. No. 3. P. 053.