Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Кафедра №40

«Физика элементарных частиц»

Реферат

На тему

**«Суперсимметрия»**

Студент: Лалетин М.Н.

Группа: Т9-40

Преподаватель: Хлопов М.Ю.

Москва, 2013 г.

Содержание:

1. Введение
   1. История
   2. Краткий теоретический обзор
   3. Достоинства SUSY
2. За пределами стандартной модели
   1. Проблема иерархий
   2. Некоторые суперсимметричные модели
   3. Супергравитация
3. Космологическое значение
   1. Инфляция и бариогенезис
   2. Скрытая масса
4. Предсказания SUSY и статус экспериментальной проверки
5. Заключение
6. Список литературы
7. Введение

1.1 История

Впервые суперсимметрию предложили в 1973 году австрийский физик Юлиус Весс и итальянский физик Бруно Зумино для описания ядерных частиц. Математический аппарат теории был открыт ещё раньше, в 1971—1972 годах, советскими физиками Ю. Гольфандом и Е. Лихтманом из ФИАН, а также Д. Волковым и В. Акуловым из ХФТИ.

1.2 Краткий теоретический обзор

Несмотря на бросающиеся в глаза различия между такими симметриями, как изотопическая, цветовая, электрослабая или симметрия великого объединения, у всех у них есть существенная общая черта: все эти симметрии – внутренние (т.е. преобразования этих симметрий не действуют на пространственно-временные, геометрические свойства преобразуемых состояний). В отличие от чисто внутренних симметрий, преобразования суперсимметрии переводят друг в друга фермионы и бозоны, например, скалярную частицы в спинорную или спинорную – в векторную.

Рассмотрим какой-нибудь супермультиплет, например один из самых простых супермультиплетов, который содержит всего две частицы: фотон и фотино – гипотетическую истинно нейтральную частицу со спином , похожую на майораново нейтрино. Преобразования внутри мультиплета осуществляет спинорный генератор Q. Нетривиальность этих преобразований видна хотя бы из того, что поля в супермультиплете имеют различные размерности: бозонное – m, фермионное - . Отражением этого является то, что антикоммутатор двух спинорных генераторов Q выражается через величину размерности m, а именно через 4-импульс - генератор четырхмерного сдвига:

*,*

где - 4-матрицы Дирака.

Генераторы пространственно-временных сдвигов и вращений совместно со спинорными генераторами Q образуют так называемую градуированную алгебру (алгебру, содержащую наряду с коммутаторами антикоммутаторы) суперсимметрии, включающую алгебру Пуанкаре в качестве подалгебры. Таким образом, суперсимметрия предлагает обобщение группы Пуанкаре и углубление СТО.

1.3 Достоинства SUSY

Суперсимметричные теории обладают рядом других достоинств (некоторые из них будут более подробно обсуждаться ниже), которые делают SUSY привлекательным расширением стандартной модели:

1. Суперсимметричные теории содержат элегантное решение проблемы иерархии. В рамках стандартной модели поправки к массе скалярного поля имеют квадратичную форму и оказываются существенно больше, чем масса поля, входящая в лагранжиан. Для сокращения таких поправок к массе Хиггса параметры стандартной модели должны иметь очень точно определённые значения. В рамках MSSM поправки, как к фермионным массам, так и скалярным, имеют логарифмическую форму, и их сокращение происходит более естественно, но требует точной суперсимметрии.
2. В СМ отсутствуют ограничения на массу хиггсовского бозона. В минимальной суперсимметричной стандартной модели (MSSM), содержащей два хиггсовских дублета, легкий хиггс должен быть не тяжелее 140 ГэВ.
3. В однопетлевом приближении обратные константы связи СМ линейно изменяются с ростом . Несмотря на то, что при этом уменьшается, а растут, они не пересекаются на масштабе . Однако такое объединение имеет место в MSSM.
4. Суперсимметрия открывает в математическом аппарате теории новые глубинные связи между различными типами преобразований. Если перейти от глобальной суперсимметрии к локальной, параметры преобразований которой являются функциями пространственно-временных координат, то мы получим обобщение ОТО – супергравитацию.
5. В СМ нет подходящих частиц для объяснения темной материи. В то же время в некоторых суперсимметричных моделях есть прекрасный кандидат на роль холодной темной материи, а именно нейтралино — легчайшая суперсимметричная частица. Она стабильна, так что реликтовые нейтралино могли бы сохраниться во Вселенной со времен Большого взрыва. Также в качестве кандидатов на роль ТМ фигурируют гравитино и аксино.
6. За пределами стандартной модели

2.1 Проблема иерархий

Электрослабый сектор стандартной модели (СМ) содержит параметр размерности энергии – вакуумное среднее хиггсовского поля

Этот параметр, в принципе, задает масштаб масс в теории. Например, если пренебречь радиационными поправками масса W-бозона

,

а масса хиггсовского бозона

,

где g – SU(2) калибровочная константа, – константа хиггсовского самовзаимодействия.

Все это, однако, справедливо без учета петлевых поправок. Стандартная модель – перенормируемая теория, а это означает, что она дает конечный результат с учетом всех поправок (петель) высших порядков, даже если виртуальные импульсы во всех петлях устремить к бесконечности. Однако это не означает, что в петлевых интегралах вида

нужно всегда считать параметр обрезания стремящимся к бесконечности. Более обосновано, пожалуй, считать СМ частью более общей теории, которая включает неизвестную пока «новую физику» при больших энергиях, а параметр это масштаб, на котором эта «новая физика» появляется и необходимо модифицировать стандартную модель. В конце концов, мы ожидаем «новую физику» на масштабах, когда становятся существенными эффекты квантовой гравитации. Этот масштаб обычно называют планковской массой

Если – действительно масштаб «новой физики» вне СМ, то при учете петлевых поправок возникают серьезные трудности.

В самом деле, 4-бозонное взаимодействие в однопетлевом приближении дает вклад в собственную энергию. Этот вклад пропорционален

Интеграл расходится квадратично и дает поправку

к члену в потенциале + .

Величина связана с соотношением и фиксируется феноменологическим значением. Поэтому кажется, что величина ескольких сотен ГэВ. С другой стороны на масштабах однопетлевая квантовая поправка к «» катастрофически больше и положительна! Чтобы получить такое значение после учета всех петлевых поправок необходимо стартовать с гигантского отрицательного значения параметра в лагранжиане и надеяться на замечательные сокращения с W до - .

Это большое сокращение («fine tuning»), включающее параметр , влияет не только на массу хиггса, но и на массу всех частиц СМ, поскольку они зависят от и, следовательно, от .

Предположим существование строгой симметрии между фермионными и бозонными полями. Это означает, что есть фермионные петлевые поправки к , в которых частица переходит в фермион-антифермионную пару, которая затем снова аннигилирует в частицу . Этот процесс дает вклад

Знак этого выражения существенен, он возникает за счет замкнутой фермионной петли. Таким образом полная однопетлевая поправка будет иметь вид

Если положить , то квадратичная по поправка обратится в ноль. После сокращения члена с граммы для собственной энергии хиггсовского бозона дают

Эта поправка может быть порядка , если все бозоны и фермионы в теории имеют массы, не превышающие нескольких ТэВ. Частицы, участвующие в механизме сокращения, должны быть приближенно вырожденными и не слишком превышать по массе (или ). Существенно, что такая бозон-фермионная симметрия «предохраняет» массы скалярных мезонов от квадратичных расходимостей.

Таким образом, т.н. суперсимметричный подход (или SUSY) стабилизирует иерархию в том смысле, что радиационные поправки не смещают к большому Λ.

Стоит отметить, что SUSY – это лишь одна из теорий, разрешающих проблему иерархий; альтернативным подходом являются, например, теории техницвета.

2.2 Некоторые суперсимметричные модели

…

Список литературы:

1. Емельянов В.М. *Стандартная модель и ее расширения –* М.:Физматлит, 2007.
2. Хлопов М.Ю. *Основы космомикрофизики.* – М: УРСС,2004.
3. Окунь Л.Б. *Физика элементарных частиц –* М.: Издательство ЛКИ, 2008.
4. Wess J., Zumino В., *Supergauge transformations in four dimensions*, Nucl. Phys. В., 1974, v. 70, pp. 39-49.
5. Wess J., Zumino В., A Lagrangian *Model Invariant under Gauge Transformations*, Phys. Lett. В., 1974, v. 49, pp. 52-54.
6. Весс Ю., Беггер Д. *Суперсимметрия и супергравитация*. М.: Мир, 1986.