

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

РЕФЕРАТ

на тему:

Суперсимметрия (SUSY)

Выполнил
магистр группы М21-115

_____ Н. Д. Зарецкий

Москва 2022

Оглавление

Введение	2
1 SUSY	2
1.1 MSSM	3
2 Проблемы CM	3
3 SUSY в космологии	3
4 Поиск SUSY на эксперименте	3
5 Заключение	3
Список использованных источников	4

Введение

В современной физике элементарных частиц понятие симметрий является ключевым, так как с помощью симметрии можно создавать лагранжианы и, как следствие, уравнения движения для конкретных полей и частиц. Концепция суперсимметрии, математический аппарат которой был разработан в 1971 году Юрием Гольфандом и Евгением Лихтманом (ФИАН) [2], а приложения ее к физике элементарных частиц были представлены Дж. Вессом и Б. Зумино [5] в 1973 году, сильно отличается от других, более привычных, симметрий (например, симметрия группы Лоренца) тем, что она описывает переходы бозонов в фермионы и наоборот. Фермионы подчиняются статистике Ферми-Дирака, бозоны - статистике Бозе-Эйнштейна, то есть симметрия не сохраняет статистику. В теории суперсимметрии бозоны и фермионы объединяются в единое целое, называемое суперполем, что означает, что каждый фермион и каждый бозон должен иметь суперсимметричного партнера с такой же массой и квантовыми числами, но с отличным спином и подчиняющегося другой статистике. Таким образом, у каждого фермиона появляется бозонный партнер, а у каждого бозона - фермионный. Стоит отметить, что число частиц при этом удваивается.

Суперсимметрия может стать ключом к решению некоторых проблем физики частиц, которые не укладываются в рамки Стандартной Модели (СМ). К предпосылкам расширения СМ относят, например, проблему иерархий и отсутствие ограничения сверху на массу бозона Хиггса. Также суперсимметрия является базисом для других теорий, таких, как теория суперструн и теория супергравитации. Наконец, минимальное суперсимметричное расширение СМ (MSSM) позволяет говорить о великом объединении [1] и о кандидатах на роль скрытой массы.

1 SUSY

Суперсимметрия является расширением известных симметрий пространства-времени, когда алгебра Пуанкаре дополняется фермионными операторами Q_α [4]. В привычном случае при действии на физическое состояние генератором группы симметрии получается другое физическое состояние, перемещенное в пространстве-времени, но с такими же квантовыми числами. В случае суперсимметрии квантовые числа тоже остаются неизменными, однако генератор группы суперсимметрии Q_α меняет бозоны на фермионы и наоборот. Таким образом, для каждой известной частицы появляется суперсимметричный партнер со спином, отличающемся на $\frac{1}{2}$.

Так как суперсимметричные партнеры до сих пор не были обнаружены, в теорию вводятся поправки, нарушающие суперсимметрию, что позволяет суперсимметричным партнерам частиц иметь массу, отличную

от изначальных частиц. Стоит отметить, что при введении таких поправок основные достоинства суперсимметрии сохраняются. Также в теории с "нарушенной" суперсимметрией появляется возможность ввести суперсимметричные частицы темной материи.

Разработано много разновидностей суперсимметричных теорий, которые при низких энергиях похожи на Стандартную модель и не противостоят имеющимся сейчас экспериментальным данным. Один из главных параметров суперсимметричных моделей — это число N , показывающее количество заложенных в модель типов суперсимметрии. Например, у минимально суперсимметричной модели MSSM $N=1$, а у максимальной суперсимметричной теории с калибровочными взаимодействиями без гравитации $N=4$ [3].

Вне зависимости от вида суперсимметричной теории, есть ряд предсказаний, справедливых для каждой разновидности. Так, Хиггсовский сектор должен быть устроен сложнее, чем в СМ, и суперсимметричные частицы не могут рождаться в одиночку (т.н. R-четность) и распадаться только на обычные частицы.

1.1 MSSM

2 Проблемы СМ

Проблема иерархии...

3 SUSY в космологии

4 Поиск SUSY на эксперименте

5 Заключение

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Cheng T. P., Li L. F.* Gauge theory of elementary particle physics. — Oxford, UK : Oxford University Press, 1984.
2. *Golfand Y. A., Likhtman E. P.* Extension of the Algebra of Poincare Group Generators and Violation of p Invariance // JETP Lett. — 1971. — Vol. 13. — P. 323–326.
3. *MARTIN S. P.* A SUPERSYMMETRY PRIMER // Perspectives on Supersymmetry. — WORLD SCIENTIFIC, 07/1998. — P. 1–98.
4. *Muller-Kirsten H. J. W., Wiedemann A.* SUPERSYMMETRY: AN INTRODUCTION WITH CONCEPTUAL AND CALCULATIONAL DETAILS. — 07/1986.
5. *Wess J., Zumino B.* A lagrangian model invariant under supergauge transformations // Physics Letters B. — 1974. — Vol. 49, no. 1. — P. 52–54.