

Разработка метода по поиску ЭДМ на накопительном кольце ускорителя дейтронов

Введение

Электрический дипольный момент обусловлен неоднородностью распределения положительного и отрицательного заряда внутри частицы. Исследования ЭДМ элементарных частиц необходимы для разрешения ряда передовых фундаментальных задач:

1. Основопологающим посылом для исследований стало стремление понять механизм нарушения СР-инвариантности, который приводит к барионной асимметрии Вселенной. Согласно теории А. Д. Сахарова СР-нарушение является необходимым условием для значительного преобладания материи над антиматерией.
2. Стандартная модель предсказывает величину ЭДМ на несколько порядков меньше, чем альтернативная теория суперсимметрии (SUSY-теория). Ограничения для величины ЭДМ, полученные из экспериментальных данных могут позволить подтвердить одну из них.
3. Изучение ЭДМ может помочь с поиском аксиона, который гипотетически является частицей темной материи. Аксионы были введены из-за нарушения СР-симметрии угловым параметром КХД в сильных взаимодействиях, взаимосвязанным с величиной ЭДМ нейтрона.

Одним из способов для наблюдения и измерения электрического дипольного момента является метод «замороженного спина», который может быть реализован с помощью различных модификаций накопительного синхротрона. Данный метод исходит из теории явления спин-прецессии Томаса-Баргмана-Мишеля-Телегди при рассмотрении прецессии спина как классического вектора. Главными критериями поиска оптимальной структуры накопительного кольца является подавление примесного сигнала МДМ и сохранение поляризации пучка в течении временного интервала, необходимого для накопления статистики.

В ходе эксперимента происходит наблюдение за характером прецессии спина. Определение значения ЭДМ происходит путем измерения количества накопленной компоненты поляризации за время измерительного цикла.

1. Нарушение CP-инвариантности

Согласно CPT-теореме невозможно одновременное нарушение всех трех симметрий C P T. Если происходит нарушение одной из симметрий, то другая так же нарушается, но не обе одновременно.

Согласно теории А. Д. Сахарова, возникновение C-асимметрии Вселенной является следствием нарушения CP-инвариантности, которое проявляется в эффекте различия парциальных вероятностей зарядово-сопряженных реакций. При наличии ЭДМ у элементарных частиц происходит нарушение P и T симметрий. Из CPT-теоремы следует, что будет нарушаться CP, либо СТ инвариантность. В таком случае, может быть осуществлена экспериментальная проверка сохранения CP-симметрии путем нарушения C, либо P-симметрии. Нарушение CP симметрии эквивалентно нарушению T-симметрии, которое не может быть проверено напрямую.

2. Метод замороженного спина для поиска ЭДМ на накопительном кольце

Метод «замороженного спина» основан на уравнении Томаса-Баргмана-Мишеля-Телегди, которое описывает динамику спин-вектора во внешних полях. Уравнение состоит из двух слагаемых одно из которых описывает прецессию спина в электрическом поле, что возникает, предположительно, вследствие наличия электрического дипольного момента у частицы. ЭДМ является физическим явлением, которое в теории нарушает T-симметрию. Второе слагаемое обусловлено влиянием магнитного поля на частицу (МДМ-компонента).

Для того, чтобы наблюдать за прецессией спина, которая вызвана наличием явления ЭДМ нужно устремить к нулю влияние МДМ на частицу в ходе эксперимента. Из формулировки уравнения исходит, что в зависимости от исследуемых частиц можно создать необходимые условия для подавления МДМ и определить величину ЭДМ.

Таким образом, в случае обнаружения ЭДМ можно будет рассматривать его как источник нарушения CP-симметрии. Установив порядок величины ЭДМ станет возможным подтвердить теорию суперсимметрии, альтернативную Стандартной модели.

В данной работе актуальна разработка методов исследования электрического дипольного момента дейтрона, что требует создания определенного устройства накопительного кольца для изоляции ЭДМ сигнала.

3. Накопительное кольцо как структура для исследования ЭДМ дейтрона.

В силу малости измеряемой физической величины требуется накопление статистики, на основе которой можно судить о наличии ЭДМ как физического явления. Для данной цели было предложено накопительное кольцо, которое позволяет