

А. МЕЛЬНИКОВ^{1,2,3}, Ю. СЕНИЧЕВ^{1,2}, А. АКСЕНТЬЕВ^{1,2,4}, С. КОЛОКОЛЬЧИКОВ^{1,2}

¹Институт Ядерных Исследований РАН, Москва, Россия,

²Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия,

³Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау, Черноголовка, Россия,

⁴Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

СПИНОРНОЕ ОПИСАНИЕ СТРУКТУР ТИПА ЗАМОРОЖЕННОГО И КВАЗИ-ЗАМОРОЖЕННОГО СПИНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭДМ МЕТОДОМ ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

Основные характеристики структур типа замороженного и квази-замороженного спина, такие как направление инвариантной оси и спин-тьюн, были рассчитаны в рамках спиновой формализма. В силу того, что радиальные возмущения поля играют основную роль с точки зрения систематических ошибок в эксперименте по поиску Электрического Дипольного Момент (ЭДМ), различие обоих типов структур было рассмотрено в этом отношении. Была исследована возможность исключения нелинейной добавки к частоте спин-прецессии при изменении направления инжекции в квази-замороженной структуре. Также был получен закон сложения частот для структуры общего вида с возмущениями поля в радиальном, вертикальном и продольном направлениях.

A. MELNIKOV^{1,2,3}, Yu. SENICHEV^{1,2}, A. AKSENTYEV^{1,2,4}, S. KOLOKOLCHIKOV^{1,2}

¹Institute for Nuclear Research RAS, Moscow, Russia,

²Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia,

³Institute for Theoretical Physics. L.D. Landau, Chernogolovka, Russia,

⁴National Research Nuclear University «MEPhI» (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

SPINOR DESCRIPTION OF FROZEN AND QUASI-FROZEN SPIN STRUCTURES FOR THE EDM MEASUREMENT IN A FREQUENCY DOMAIN

The main features of the frozen and quasi-frozen spin lattice were calculated in the spinor formalism, such as a spin-tune and a direction of the invariant spin axis. As the radial field perturbations play a crucial role in the Electric Dipole Moment (EDM) measurement procedure, the difference of frozen and quasi-frozen spin lattices was investigated in this regard. The possibility of subtraction of a nonlinear term in the spin-precession frequency with the change of the injection direction in the quasi-frozen case was investigated. Furthermore, the frequency summation law was derived for the structure of a general form with perturbations in the radial, vertical and longitudinal directions.

Одним из перспективных методов измерения ЭДМ является метод замороженного спина [1]. При этом вектор спина частиц движется сонаправлено с вектором импульса. Структуры типа замороженного спина представляют собой накопительные кольца, специально спроектированные для решения экспериментальной задачи по поиску ЭДМ. В синхротронах, изначально не предназначенных для поиска ЭДМ, можно реализовать режим квази-замороженного спина [2]. При этом размещаются фильтры Вина на прямых участках, компенсирующие действие поворотных магнитов на спин.

Основным методом измерения ЭДМ, позволяющим достичь точности в 10^{-29} е-см, является метод частотной области. При этом измеряется частота спин-прецессии или спин-тьюн в точке поляриметра в структуре с возмущениями полей в элементах [3]. Можно показать, что в структуре типа замороженного спина с радиальными возмущениями, вращающими спин на углы ψ_i , спин-тьюн представляется в виде $\nu_s = \sum_i \psi_i / 2\pi$. В данной концепции линейного вклада возмущений в измеряемую частоту можно учесть систематическое вращение от Магнитного Дипольного Момент (МДМ) при смене полярности ведущего поля. В структуре типа квази-замороженного спина с радиальными возмущениями каждый магнит вращает спин на угол φ_i . Можно показать, что в этом случае появляется нелинейная добавка к частоте: $\nu_s - \sum_i \psi_i / 2\pi \sim \varphi_i \psi_j \varphi_k \psi_l$, где i, j, k, l – индексы элементов накопителя. В данной работе демонстрируется, что в случае изменения полярности поля, т.е. изменения порядка перемножения матриц и $\psi_i \rightarrow -\psi_i$, нелинейная добавка идентична для случая обратной инжекции. Данный факт означает, что систематические эффекты также можно учесть при измерении ЭДМ частотным методом в структуре типа квази-замороженного спина.

Одним из следующих вопросов является получение общей формы сложения частот при наличии возмущений в накопительном кольце во всех трёх направлениях (x, y, z). Можно показать, что с точностью до третьего порядка по углам поворота спина измеряемая частота примет вид $\Omega = \sqrt{\Omega_x^2 + \Omega_y^2 + \Omega_z^2}$. Антиккоммутационная добавка от сложения вращений не влияет на точность измерений метода.

Список литературы

1. Abusaif F. and others // Tech. Rep. CERN-2021-003 vol 3 (2021).
2. Senichev Y. and others // in Proc. IPAC 22, Bangkok, Thailand pp. 492–495 (2022).
3. Senichev Y. and others // arxiv.org/abs/1711.06512 (2017).