

3. Дворников, Л. Т. Кинематическое и кинетостатическое исследование двухсекционного грохота / Л. Т. Дворников, С. П. Стариков // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 44–46.
4. Пейсах, Э. Е. Определение положений звеньев трехпроводковой и двухпроводковой четырехзвенных групп Ассура с вращательными парами / Э. Е. Пейсах // Машиноведение. – 1985. – № 5. – С. 55–61.

УДК 539.12

СПИНОВАЯ СТРУКТУРА НУКЛОНА В ГЛУБОКОНЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ (АНТИ) НЕЙТРИНО НА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПРОТОНАХ И НЕЙТРОНАХ

Е. С. Тимошин, С. И. Тимошин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Получены вклады кварков и антикварков в нуклонный спин на основе измеряемых величин глубоконеупругого рассеяния (анти) нейтрино на поляризованных протонах и нейтронах с заряженным током.

Ключевые слова: протон, нейтрон, спин, нейтрино, кварк.

THE SPIN STRUCTURE OF THE NUCLEON IN THE DEEP INELASTIC SCATTERING (ANTI) NEUTRINO OFF POLARIZED PROTONS AND NEUTRONS

E. S. Timoshin, S. I. Timoshin

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The quark contributions in the nucleon spin were obtained from the measurable quantities of the deep inelastic scattering (anti) neutrino off polarized protons and neutrons with charged current.

Keywords: proton, neutron, spin, neutrino, quark.

Для решения проблемы спина нуклона важное значение имеет ароматовое разделение вкладов кварков и антикварков [1].

В настоящее время отдельно Δq и $\Delta \bar{q}$ получают из полуинклюзивного IN -ГНР [2]. Однако здесь данные существенно зависят от функций фрагментации [1, 3], что вносит в них дополнительные неопределенности. Разделение Δq и $\Delta \bar{q}$ возможно в процессах глубоконеупругого рассеяния (ГНР) нейтрино и антинейтрино на поляризованных мишенях с заряженным током [4, 5].

Нейтринные процессы имеют ряд преимуществ: естественная поляризация нейтрино, число поляризационных структурных функций (СФ) больше, чем для ГНР заряженных лептонов на нуклонах с электромагнитным током из-за несохранения четности в слабых взаимодействиях [4–6]. Поэтому нейтрино является удобным инструментом для изучения спиновой структуры нуклона.

Однако проведение нейтринных экспериментов с поляризованными мишенями связано с техническими трудностями, главная из которых – огромная масса мишени, необходимая для сбора нужной статистики. Светимость существующих нейтринных пучков потребует мишеней размером несколько метров, которые не могут быть поляризованы.

В то же время имеется перспектива [5, 7] получать высокофокусированные нейтринные пучки от распадов мюонов [8, 9] (нейтринные фабрики), для которых уже можно создать поляризованные мишени. В таком случае проведение нейтринных экспериментов с поляризованными мишенями представляется возможным в будущем. Это даст возможность получать новые данные по спиновой структуре нуклона, которые необходимы для проведения КХД-анализа всей совокупности поляризационных данных по аналогии с неполяризованными ГНР.

В связи с этим является актуальным изучение спиновой структуры нуклона в ГНР (анти) нейтрино на поляризованных мишенях (протонах, нейтронах, дейтронах).

В настоящей работе рассматриваются возможности получения вкладов кварков и антикварков в нуклонный спин на основе измеряемых величин (поляризационных асимметрий, первых моментов поляризационных СФ) ГНР нейтрино и антинейтрино на поляризованных протонах, нейтронах, дейтронах с заряженным и нейтральным токами.

Комбинирование поляризационных СФ протона g_1^p, g_6^p и нейтрона g_1^n, g_6^n в нейтринных процессах с заряженным током позволяет осуществить ароматовое разделение кварковых вкладов в спин нуклона (см., например, [10]).

Первые моменты этих СФ для протона [11] получены в виде

$$\begin{aligned}\Gamma_1^{vp}(Q^2) &= \Delta d(Q^2) + \Delta s(Q^2) + \Delta \bar{u}(Q^2), \\ \Gamma_6^{vp}(Q^2) &= \Delta d(Q^2) + \Delta s(Q^2) - \Delta \bar{u}(Q^2), \\ \Gamma_1^{\bar{v}p}(Q^2) &= \Delta u(Q^2) + \Delta \bar{d}(Q^2) + \Delta \bar{s}(Q^2), \\ \Gamma_6^{\bar{v}p}(Q^2) &= \Delta u(Q^2) - \Delta \bar{d}(Q^2) - \Delta \bar{s}(Q^2).\end{aligned}\quad (1)$$

Для первых моментов $\Gamma_{1,6}$ нейтрона получаем:

$$\begin{aligned}\Gamma_1^{vn}(Q^2) &= \Delta u(Q^2) + \Delta \bar{d}(Q^2) + \Delta s(Q^2), \\ \Gamma_6^{vn}(Q^2) &= \Delta u(Q^2) - \Delta \bar{d}(Q^2) + \Delta s(Q^2), \\ \Gamma_1^{\bar{v}n}(Q^2) &= \Delta d(Q^2) + \Delta \bar{u}(Q^2) + \Delta \bar{s}(Q^2), \\ \Gamma_6^{\bar{v}n}(Q^2) &= \Delta d(Q^2) - \Delta \bar{u}(Q^2) - \Delta \bar{s}(Q^2).\end{aligned}\quad (2)$$

Комбинирование первых моментов Γ_6 в (1) и (2) дает возможность получить $(\Delta s + \Delta \bar{s})$ без каких-либо дополнительных измеряемых величин:

$$\Delta s + \Delta \bar{s} = \Gamma_6^{vp} - \Gamma_6^{\bar{v}n}, \quad (3)$$

или

$$\Delta s + \Delta \bar{s} = \Gamma_6^{vn} - \Gamma_6^{\bar{v}p}. \quad (4)$$

Вклады кварковых ароматов $(\Delta u + \Delta \bar{u})$, $(\Delta d + \Delta \bar{d})$ получим с помощью соотношений:

$$\begin{aligned}\Gamma_1^{vp} + \Gamma_1^{\bar{v}p} &= (\Delta u + \Delta \bar{u}) + (\Delta d + \Delta \bar{d}) + (\Delta s + \Delta \bar{s}), \\ \Gamma_6^{\bar{v}p} - \Gamma_6^{vp} &= (\Delta u + \Delta \bar{u}) - (\Delta d + \Delta \bar{d}) - (\Delta s + \Delta \bar{s})\end{aligned}\quad (5)$$

и (3) или (4).

Тогда из (5) и (3), например, имеем:

$$\begin{aligned}\Delta u + \Delta \bar{u} &= \frac{1}{2}(\Gamma_6^{\bar{v}p} + \Gamma_1^{vp} + \Gamma_1^{\bar{v}p} - \Gamma_6^{vp}), \\ \Delta d + \Delta \bar{d} &= \frac{1}{2}(\Gamma_1^{vp} + \Gamma_1^{\bar{v}p} - \Gamma_6^{vp} - \Gamma_6^{\bar{v}p} + 2\Gamma_6^{\bar{v}n}).\end{aligned}$$

Что касается вкладов легкого кваркового моря $(\Delta \bar{u}, \Delta \bar{d})$, то их измерение необходимо для проверки асимметрии $\Delta \bar{u} \neq \Delta \bar{d}$ и, с другой стороны, – для оценки в целом поляризации кваркового моря.

Данные о поляризации легких кварков моря могут быть получены из измерений первых моментов Γ_1, Γ_6 протона и нейтрона (см. (1), (2)) в $\nu(\bar{\nu})N$ -ГНР с заряженным током:

$$\begin{aligned}\Delta \bar{u} &= \frac{1}{2}(\Gamma_1^{\bar{v}n} - \Gamma_6^{vp}), \\ \Delta \bar{d} &= \frac{1}{2}(\Gamma_1^{\bar{v}p} - \Gamma_6^{vn}).\end{aligned}$$

Вклад валентных кварков $(\Delta u_V + \Delta d_V)$ в спин нуклона измерялся в экспериментах COMPASS и HERMES в полуинклюзивном IN -ГНР.

Нейтринные процессы ГНР с заряженным током дают возможность получения данных о поляризации валентных кварков.

Действительно,

$$\begin{aligned}\Gamma_6^{vp} + \Gamma_6^{vn} &= \Delta u_V + \Delta d_V + 2\Delta s, \\ \Gamma_6^{\bar{v}p} + \Gamma_6^{\bar{v}n} &= \Delta u_V + \Delta d_V - 2\Delta \bar{s}.\end{aligned}$$

Поскольку считаем $\Delta s = \Delta \bar{s}$, то имеем:

$$\Delta u_V + \Delta d_V = \frac{1}{2}(\Gamma_6^{vp} + \Gamma_6^{vn} + \Gamma_6^{\bar{v}p} + \Gamma_6^{\bar{v}n}).\quad (6)$$

Отметим, что это выражение содержит только первый момент Γ_6 протона и нейтрона, доступный для измерения только в процессах ГНР с заряженным током.

Поэтому эти процессы могут быть независимым и дополнительным источником данных по поляризации валентных кварков.

Таким образом, разработан подход к определению кварковых вкладов в спин нуклона на основе первых моментов СФ g_1 , g_6 протона и нейтрона в нейтринных процессах ГНР с заряженным током без использования каких-либо других измеряемых величин, например, a_3 и a_8 .

Литература

1. The Electron-Ion Collider: Assessing the Energy Dependence of Key Measurements / E. C. Aschenauer [et al.]. – ArXiv: 1708.01527 [nucl-ex].
2. Ball, R. D. The Proton Spin, Semi-inclusive processes, and a future Electron-Ion Collider / R. D. Ball, A. Deshpande. – ArXiv: 1801.04842 [hep-ph].
3. Leader, E. New analysis concerning the strong quark polarization puzzle / E. Leader, A. V. Sidorov, D. B. Stamenov // Phys. Rev. – 2015. – Vol. D91. – P. 054017.
4. Forte, S. Polarized parton distribution from charged – current deep-inelastic scattering and future neutrino factories / S. Forte, M. L. Mangano, G. Ridolfi // Nucl. Phys. – 2001. – Vol. B602. – P. 585–621.
5. King, B. J. High rate neutrino detectors for neutrino factories / B. J. King // Nucl. Instrum. Meth. – 2000. – Vol. A451. – P. 198–206.
6. Kaur, J. Spin distribution in the quark-parton model / J. Kaur // Nucl. Phys. – 1977. – Vol. B128. – P. 219–251.
7. Schwienhorst, R. Colliding neutrino beams / R. Schwienhorst // Mod. Phys. Lett. – 2008. – Vol. A23. – P. 2751–2761.
8. Kaplan, D. M. Muon collider / neutrino factory: status and prospects / D. M. Kaplan // Nucl. Instrum. Meth. – 2000. – Vol. A453. – P. 37–48.
9. Mezzetto, M. Beta beams / M. Mezzetto // Nucl. Phys. Proc. Suppl. – 2005. – Vol. 143. – P. 309–316.
10. Neutron spin structure with polarized deuterons and spectator proton tagging at EIC / W. Cosyn [et al.] // J. Phys. Conf. Ser. – 2014. – Vol. 543. – P. 012007.
11. Максименко, Н. В. Спиновые структуры нуклона в нейтринных процессах / Н. В. Максименко, Е. С. Тимошин // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2006. – № 4. – С. 67–72.

УДК 539.12

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СТРАННЫХ КВАРКОВ В НЕЙТРИННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Е. С. Тимошин, С. И. Тимошин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предложен способ получения вкладов странных кварков и антикварков в спин нуклона на основе измеряемых поляризационных асимметрий глубоконеупругого рассеяния нейтрино и антинейтрино на поляризованных нейтронах.

Ключевые слова: нейтрино, спин, нуклон, асимметрия, кварк.

THE POLARIZATION OF THE STRANGE QUARKS IN THE NEUTRINO EXPERIMENTS

E. S. Timoshin, S. I. Timoshin

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The approach were proposed for the extraction of contributions the strange quarks and anti-quarks in nucleon spin from the polarization asymmetries deep inelastic scattering neutrino and antineutrino off polarized neutrons.

Keywords: neutrino, spin, nucleon, asymmetry, quark.