

УДК 539.12.142

ИЗМЕРИМА ЛИ ПОЛЯРИЗАЦИЯ КВАРКА?

А. В. Ефремов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна
Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова

Рассмотрены два новых метода измерения поляризации кварка: закрученность (*handedness*) струй и асимметрия Коллинза. Использование последней дало возможность оценить распределение поперечного спина кварков в нуклоне (*transversity*) из азимутальной асимметрии в ГНР.

Two new methods of quark polarization measurement are considered: the jet handedness and the Collins asymmetry. Use of the latter enables one to estimate the proton transversity distribution from azimuthal asymmetry in DIS.

В случае кварков физики впервые столкнулись с необычной формой квантов материи, существующей не в форме частиц с определенной жесткой связью энергии с импульсом, а в форме струй адронов, где эта связь отсутствует. Несмотря на это, изучение струй позволяет с определенной точностью получать все другие квантовые характеристики кварков и глюонов, такие как импульс и энергия, электрический и барионный заряд, спин и др., кроме, конечно, цвета, поскольку наши приборы лишены «цветового зрения». Заряд, например, определяется по среднему заряду струи, а спин — по угловому распределению струй.

До последнего времени исключение составляла такая важная характеристика, как поляризация, определенная как средняя проекция спина на какое-то направление. Какие свойства струй отражают эту характеристику кварков? Возможны несколько проявлений его поляризации.

1. Поляризованный кварк может фрагментировать в самоанализируемый поляризованный адрон (например, Λ -гиперон) и по его поляризации можно судить о степени поляризации родительского кварка. Такая фрагментация, однако, явление довольно редкое ($\approx 2\%$), кроме того, Λ -гиперон чувствителен в основном к поляризации s -кварка.

2. Поляризация кварка может привести к определенной корреляции импульсов частиц струи, к ее *закрученности* [1] (так бы я перевел термин «*handedness*», за неимением более точного русского эквивалента). Для этого необходимо выделение трех частиц в струе, чтобы построить псевдовектор (нормаль к плоскости тройки \mathbf{n} в ее системе покоя), коррелирующий (в силу

сохранения четности) с псевдовектором поляризации кварка \mathbf{P} :

$$H_i = \frac{N(n_i > 0) - N(n_i < 0)}{N(n_i > 0) + N(n_i < 0)} = \alpha_i P_i . \quad (1)$$

Подобная закрученность недавно была обнаружена в данных, полученных коллаборациями MISC и VES по процессу дифракционного рождения тройки пионов $\pi^- (40 \text{ ГэВ}) + A \rightarrow (\pi^- \pi^+ \pi^-) + A$ в направлении, перпендикулярном плоскости ее рождения [2, 3].

Наиболее интересна зависимость закрученности от инвариантной массы тройки, представленная на рис. 1. Она демонстрирует явную динамическую природу этого явления с четкими трехпионными резонансами, невидимыми в полном сечении.

3. Поперечная поляризация кварка может приводить к лево-правой асимметрии его одночастичной фрагментации по отношению к плоскости спин-импульс при ненулевом значении поперечного по отношению к кварку импульса адрона (так называемая «асимметрия Коллинза»). Значение анализирующей способности A этого метода можно извлечь из процесса $e^+ + e^- \rightarrow q + \bar{q} \rightarrow 2 \text{ jets}$. Дело в том, что, несмотря на отсутствие поперечной поляризации кварков в этом процессе, стандартная модель предсказывает большую корреляцию поперечных спинов. Благодаря коллинзовской асимметрии это приводит к определенной азимутальной корреляции адронов из разных струй одного и того же события. Эта корреляция была измерена [4] для данных коллаборации DELPHI в 1991–1995 гг. с предварительным результатом $|A| = (6,3 \pm 2,0) \%$.

Это значение анализирующей способности и полученные недавно спиновые азимутальные асимметрии в полуинклюзивном рождении пионов в процессе глубоконеупругого рассеяния на продольно-поперечных (коллаборация HERMES) и поперечно-поляризованных (коллаборация SMC) мишенях дали возможность оценить [5] распределение поперечного спина кварков в нуклоне («transversity» $\Delta_T q(x)$) — последней из трех основных ($q(x)$, $\Delta q(x)$ и $\Delta_T q(x)$) характеристик кваркового распределения, остававшейся неизвестной. Его величина оказалась сравнимой с распределением неполяризованных валентных кварков и близкой к предсказаниям киральной кварк-солитонной модели (рис. 2). В частности, величина тензорного заряда нуклона, в отличие от аксиального, $a_0 \approx 0,3$, оказалась близка к единице.

Таким образом, можно заключить, что измерение распределения поперечного спина кварков вполне возможно проводить как на поперечно-, так и на продольно-поляризованных мишенях, одновременно с измерением распределения спина глюонов $\Delta g(x)$, например, в эксперименте COMPASS.

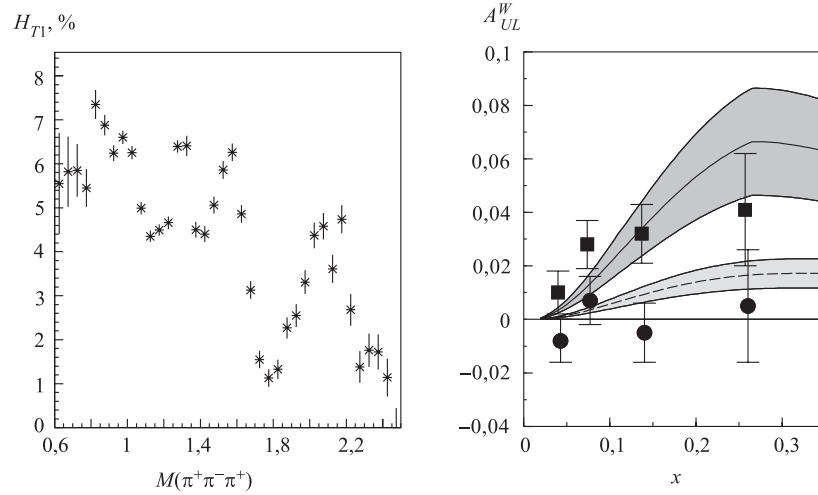


Рис. 1. Зависимость поперечной закрученности H_{T1} пионной тройки от ее инвариантной массы. Данные коллаборации VES

Рис. 2. Азимутальная асимметрия π^+ в полуинклюзивном ГНР (данные HERMES) в зависимости от x . Заштрихованная область — погрешность в величине A ; квадраты — $W = \sin \phi$; кружки — $W = \sin 2\phi$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Efremov A., Mankiewicz L., Törnqvist N. // Phys. Lett. B. 1992. V. 284. P. 394.
2. Efremov A.V. // JINR Rapid Commun. 1997. No. 3[83]. P. 5; Phys. Atom. Nucl. 2000. V. 63. P. 445; nucl-th/9901005.
3. Efremov A.V. JINR Preprint E1-2000-322. Dubna, 2000.
4. Efremov A.V., Smirnova O.G., Tkatchev L.G. // Nucl. Phys. (Proc. Suppl.). 1999. V. 74. P. 49; 1999. V. 79. P. 554; hep-ph/9812522.
5. Efremov A.V. // Phys. Lett. B. 2000. V. 478. P. 94; hep-ph/0001119.