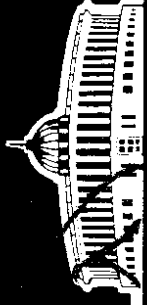


ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



78-5-126
高工研図書室

5-126 a k
5.12.78

P2 - 11211

А.Ф.Пашков, Н.Б.Скачков, И.Л.Соловцов

СООТНОШЕНИЕ ДРЕЛЛА-ЯНА-ВЕСТА,
ЛОКАЛЬНАЯ ДУАЛЬНОСТЬ
И СТРУКТУРНЫЕ ФУНКЦИИ ПРОТОНА
В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ФАКТОРИЗУЮЩИХСЯ КВАРКОВ

1978

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 24355. Тираж 650. Уч.-изд. листов 0,47.
Редактор Б.Б.Колесова.
Корректор Т.Е.Жильцова.
Подписано к печати 2.2.78 г.

А.Ф.Пашков, Н.Б.Скачков, И.Л.Соловцов

СООТНОШЕНИЕ ДРЕЛЛА-ЯНА-ВЕСТА,
ЛОКАЛЬНАЯ ДУАЛЬНОСТЬ
И СТРУКТУРНЫЕ ФУНКЦИИ ПРОТОНА
В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ФАКТОРИЗУЮЩИХСЯ КВАРКОВ

Направлено в "Physics Letters"

Пашков А.Ф., Скачков Н.Б., Соловцов И.Л. P2 - 11211

Соотношение Дрелла-Яна-Веста, локальная дуальность и структурные функции протона в динамической модели факторизующихся кварков

С помощью асимптотического выражения для упругого формфактора, полученного в рамках динамической модели факторизующихся кварков и соотношения локальной дуальности, найдено выражение для структурной функции протона. Полученная формула хорошо описывает экспериментальные данные по глубоконеупругому ер-рассеянию в пороговой области $x \geq 0,75$ и удовлетворяет соотношению Дрелла-Яна-Веста.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Pashkov A.F., Skachkov N.B., Solovtsov I.L. P2 - 11211

Drell-Yan-West Relation, Local Duality and Proton Structure Function in the Dynamical Model of Factorizing Quarks

An expression for the proton structure function has been found by using the local duality relation and the asymptotic form of the elastic form factor as given by the dynamical model of factorizing quarks. The formula obtained is in good agreement with the experimental data on deep inelastic ер-scattering near threshold $x \geq 0.75$ and satisfies the Drell-Yan-West relation.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Результаты последних экспериментов по глубоконеупругому ер-рассеянию поставили вопрос о совместности правил размерного кваркового счета $/1/$ и соотношения Дрелла-Яна-Веста $/2/$. Согласно этому соотношению, степень убывания упругого формфактора протона $G_P(t) = b\mu_P(-t)^{-n}$ при $-t \rightarrow \infty$ связана со степенью убывания структурной функции $F_2(x) \equiv \nu W_2(x) = a(1-x)^p$ вблизи упругого порога $x \rightarrow 1$ по закону $p = 2n-1$. Эта же зависимость между степенями p и n , управляющими поведением $C(t)$ и $W_{1,2}(x)$, следует и из соотношения локальной дуальности Блюма-Гилмана $/3/$, которое записывается в дифференциальной форме *

$$F_1(x_S) = 2MW_1(\omega_S = 1 - \frac{W_{in}^2 + M_S^2 - M_P^2}{t}) = \frac{1}{1-\omega_S} t \left[\frac{d}{dt} C^2(t) \right] /1/$$

* Соотношение Дрелла-Яна-Веста отличается от $/1/$ тем, что $/1/$ позволяет просто получить связь между p и n , даже если p является некоторой функцией $p_{эфф}(t)$ от переданного импульса, в то же время $/1/$ фиксирует отношение b^2 и a , тогда как соотношение Дрелла-Яна-Веста задает $W_{1,2}(x)$ с точностью до произвольного коэффициента a .

в терминах той скейлинговой переменной x_S , по которой выполняется ранний скейлинг: $x_S^{-1} = \omega_S = \omega - \frac{M_S^2}{t}$.

Данные^{4/} хорошо описывает эмпирическая формула $F_1(x_S) = a(1 - x_S)^4$ при $M_S^2 = 1,47 \text{ ГэВ}^2$. Согласно $1/1$ и соотношению Дрелла-Яна-Веста, $p=4$ может быть обеспечено лишь убыванием протонного фактора по закону $G^p(t) = b\mu_p(-t)^{-5/2}$, в то время как размерный кварковый счет^{1/} предсказывает дипольную зависимость $G^p(t) = b\mu_p(-t)^{-2}$.

Таким образом, мы видим, что правила размерного кваркового счета^{1/}, применимые по своему выводу в асимптотической области, где нет эффективного размерного параметра типа M , задают поведение $W_{1,2}(x)$ при $x \rightarrow 1$, не согласующееся с экспериментальными данными.

Существует надежда, что учет глюонных поправок поможет исправить это положение^{5/}. Однако включение в рассмотрение кварк-глюонного взаимодействия, "одевающего" кварки, приводит к появлению явной зависимости структурных функций от переданного импульса $q^2 = t$. Предположим, что в исследуемой в настоящее время области раннего скейлинга режим масштабной инвариантности еще не наступил. В этой предасимптотической области сечения процессов и поведение форм-факторов хорошо описываются динамической моделью факторизующихся кварков $/DMFK//6/$. ДМФК содержит масштабный параметр массы кварка, с которой сравнивается доля передачи импульса $\sqrt{-t}q$, приходящаяся на

один кварк $(t_q \approx (\frac{p-k}{n})^2 = \frac{t}{n^2})$, где n - число кварков

в адроне, так что для протона $t_q \approx t \cdot 10^{-1}$. Наша ДМФК является развитием предложенной ранее модели факторизующихся кварков $/MFK//7/$, в основе которой лежит предположение, близкое к популярной сейчас идее "асимптотической свободы", а именно, - что на малых расстояниях кварки ведут себя как свободные, и, следовательно, независимые частицы. При этом в МФК принимается следующая картина адрон-адронных столкновений.

Полагается, что кварки, входящие в состав адронов, создают в процессе взаимодействия некоторое самосогласованное эффективное поле $V_{эфф}$, на котором они рассеиваются квазинезависимым образом. В таком случае, поскольку для независимых событий полная вероятность есть произведение отдельных вероятностей, принимается, что амплитуда рассеяния $M_{AB \rightarrow AB}^{(0)}$ адронов A и B на угол θ является произведением амплитуд рассеяния $g_q(\theta)$ отдельных кварков на самосогласованном потенциале $V_{эфф}$:

$$M_{AB \rightarrow AB}(\theta) = \prod_{q_A}^{n_A} g_q(\theta) \cdot \prod_{q_B}^{n_B} g_q(\theta),$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(AB \rightarrow AB) = \frac{1}{s^2} |M_{AB \rightarrow AB}|^2. \quad /2/$$

При этом в МФК вид амплитуды $g_q(\theta)$ никак не конкретизируется, и формула $/2/$ используется лишь для вычисления отношений дифференциальных сечений различных процессов.

Мы дополнили МФК динамическим предположением о том, что при рассеянии на большие углы (t/s - фикс. $-t, s \rightarrow \infty$) область взаимодействия кварков имеет некий размер, равный, для простоты, самой комптоновской длине волны кварка M_q^{-1}/M_q - эффективная масса кварка, участвующего во взаимодействии/.

Амплитуда рассеяния кварка на эффективном потенциале, радиус действия которого есть M_q^{-1} , определяется, согласно^{6/}, выражением:

$$g_q(\theta) = \frac{y_q}{\text{sh } y_q} = \frac{2M_q^2 \ln[1 - \frac{t_q}{2M_q^2} + \frac{1}{2M_q^2} \sqrt{t_q(t_q - 4M_q^2)}]}{\sqrt{t_q(t_q - 4M_q^2)}}. \quad /3/$$

Здесь $y_q = \text{Arsh}(1 - t_q/2M_q^2)$ - быстрота, отвечающая передаче импульса отдельному кварку $t_q \approx t/n^2$, где n - число кварков в адроне.

Из /2/, /3/ и обобщенной формулы Ву-Янга $\frac{d\sigma}{dt}(AB \rightarrow AB) =$

$$= \frac{1}{s^2} G_A^2(t) \cdot G_B^2(t) / 8 / \text{ следует формула для асимптоти-}$$

ческого поведения формфактора адрона А. состоящего, к примеру, из n валентных кварков /9/

$$G_A(t) = b_A^\mu \left(\frac{y}{A} \right) \frac{1}{\text{sh } y_q} \approx \left(\frac{\ln |t| n^{-2} M_q^{-2}}{|t| n^{-2} M_q^{-2}} \right)^n / 4 /$$

В /9/ было установлено, что /4/ хорошо описывает дан-ные по упругому формфактору π -мезона ($n=2$) и про-тона /10/ ($n=3$). Результаты, полученные при обработке большей, чем в /9/, совокупности экспериментальных точек по упругому протонному формфактору /11/, показы-вают стабильность полученных значений параметров мо-дели /см. таблицу/. Формула /4/ может быть также переписана в виде привычной степенной зависимости

$$G_A(t) = b_A^\mu (|t| n^{-2} M_q^{-2})^{-n} \phi \phi(t)$$

$$n_{\phi \phi}(t) = n - n \frac{\ln(\ln |t| n^{-2} M_q^{-2})}{\ln |t| n^{-2} M_q^{-2}}$$

Таблица

$Q_{\text{мин.}}^2$ (ГэВ ²)	χ^2 d.f.	b	M_q (ГэВ)
1	51/(48-2)	0,771	0,163
1,5	39/(40-2)	0,745	0,164
2,5	33/(32-2)	0,761	0,163
3,5	17/(25-2)	0,682	0,168
4,5	14/(19-2)	0,616	0,173

Каким будет вид структурной функции протона вбли-зи порога, если упругий формфактор протона параметри-зовать формулой /4/? Подстановка /4/ с $n=3$ в /1/ приводит к следующему выражению для $2MW_1(x_S)$:

$$2MW_1(x_S) = A \frac{12M_q^2 b^2 \mu_P^2}{W_{in}^2 + M_S^2 - M_P^2} (X_S \text{ch } X_S - \text{sh } X_S) \frac{(\text{ch } X_S - 1)^2}{\text{sh}^3 X_S} \left(\frac{X_S}{-} \right)^5 / 6 /$$

где новая переменная $X_S = \text{Arch}(1 + \frac{W_{in}^2 + M_S^2 - M_P^2}{2M_q^2(\omega_S - 1)})$ по-лучена из $y_q = \text{Arch}(1 - \frac{t_q}{2M_q^2})$ заменой, согласно /1/, $t_q = - \frac{W_{in}^2 + M_S^2 - M_P^2}{\omega_S - 1}$. В /6/ введен коэффициент А, учитываю-

щий тот факт, что соотношение Дрелла-Яна-Веста сле-дует из /1/ с точностью до свободного коэффициента пропорциональности а перед $W_{1,2}$, так что $A=1$, если со-отношение локальной дуальности выполняется точно.

Для проверки соотношения Дрелла-Яна-Веста по дан-ным глубоконеупругого ер-рассеяния мы выбрали в вы-ражении /6/ значение массы кварка и b р-фиксированными по результатам обработки упругого формфактора при $Q^2 \geq 1,5 \text{ ГэВ}^2$: $M_q = 0,164 \text{ ГэВ}$, $b_P = 0,74$.

В обработку данных по структурной функции $2MW_1(x)$ глубоконеупругого ер-рассеяния были включены дан-ные /4,12/ с $x \geq 0,75$. В результате для величины χ^2 на одну степень свободы было получено следующее значение

$$\frac{\chi^2}{-2} = \frac{35,5}{34}, \text{ при } A = 0,32 \text{ и } M_S^2 = 2,1 \text{ ГэВ}^2.$$

Таким образом, можно заключить, что в случае про-тонного формфактора формула ДМФК /4/ задает правиль-ное пороговое поведение структурной функции, согла-сующееся с экспериментальными данными.

Формула /6/ в асимптотической области $\omega_S \approx 1$ может быть также представлена в виде степенного закона:

$$F_1(\omega_S) \approx [\omega_S - 1]^{N_{\text{эфф}}(\omega_S)},$$

где

$$N_{\text{эфф}}(\omega_S) = 5 - 6 \frac{9M_q^2}{\ln |\ln \frac{9M_q^2}{W^2} (\omega_S - 1)|} \quad /6/$$

$$N_{\text{эфф}}(\omega_S) = 5 - 6 \frac{9M_q^2}{\ln \frac{9M_q^2}{W^2} (\omega_S - 1)|} \quad /7/$$

$$W^2 = W_{\text{in}}^2 + M_S^2 - M_P^2.$$

Формулы /5/ и /7/ имеют одинаковую структуру. В достигнутых в настоящее время областях по t и ω наблюдается, что $2 < n_{\text{эфф}}(t) < 3$ и $4 < N_{\text{эфф}}(\omega_S) < 5$. Значение $N_{\text{эфф}}(\omega_S)$ совсем вблизи порога $N_{\text{эфф}}(\omega_S \rightarrow 1) = 5$, с учетом того, что, согласно /5/, $n_{\text{эфф}}(-t \rightarrow \infty) = 3$, удовлетворяет соотношению Дрелла-Яна-Веста: $N_{\text{эфф}}(\omega_S \rightarrow 1) = 2n_{\text{эфф}}(-t \rightarrow \infty) - 1$. Поведение $F_1(\omega_S) \approx (\omega_S - 1)^{N_{\text{эфф}}}$ может быть проверено в будущих экспериментах по мере увеличения данных в области $x \geq 0.9$.

Авторы благодарят В.Г.Кадышевского, В.А.Матвеева, В.А.Мещерякова и И.А.Савина за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Matveev V.A., Muradyan R.M., Tavkhelidze A.N. Lett. Nuovo Cim., 1973, 7, p.719; Brodsky S., Farrar G. Phys.Rev.Lett., 1973, 31, p.1153.
2. Drell S.D., Yan T.M. Phys.Rev.Lett., 1970, 24, p.181. West G.B. Phys.Rev.Lett., 1970, 24, p.1206.

3. Bloom E., Gilman F. Phys.Rev.Lett., 1970, 25, p.1140; Phys.Rev., 1971, D4, p.2001.
4. Atwood W.B. e.a. SLAC-PUB-1758, 1976.
5. Биленькая С.И., Христова Е.Хр. ОИЯИ, Е1-11161, Дубна, 1978.
6. Пашков А.Ф., Скачков Н.Б., Соловцов И.Л. Письма в ЖЭТФ, 1977, 25, с.452; ОИЯИ, Р2-10490, Дубна, 1977; JINR, E2-10530, Dubna, 1977.
7. Kawaguchi H., Sumi Y., Yokomi H. Progr.Theor. Phys., 1967, 38, p.1183; Phys. Rev., 1968, 168, p.1556; Kawaguchi M., Yokomi H. Progr. Theor. Phys., 1977, 57, p.470.
8. Creutz M., Wang L. Preprint BNL, 1974.
9. Skachkov N.B., Soloutsov I.L. JINR, E2-10530, Dubna, 1977.
10. Kirk P.N. e.a. Phys.Rev., 1973, D8, p.63.
11. Coward D.H. e.a. Phys.Rev.Lett., 1968, 20, p.292; Berger C.H. e.a. Phys.Lett., 1971, 35B, p.87; Janssens T. e.a. Phys.Rev., 1966, 142, p.922; Albrecht W. e.a. Phys.Rev.Lett., 1966, 17, p.1192; Goiten M. e.a. Phys.Rev.Lett., 1967, 18, p.1017; Price L.E. e.a. Phys. Rev., 1971, D4, p.45; Bartel W. e.a. Nucl.Phys., 1973, B58, p.419.
12. Riordan E.M. e.a. SLAC-PUB-1634, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 декабря 1977 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Р1,2-7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	623 стр.	7 р. 15 к.
ДЗ-7991	Труды II Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1974.	552 стр.	2 р. 50 к.
Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	376 стр.	2 р. 05 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	582 стр.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	180 стр.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проточных камер. Дубна, 1975.	344 стр.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	307 стр.	3 р. 60 к.
Д13-9287	Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975.	469 стр.	5 р. 00 к.
Д7 - 9734	Международная школа-семинар по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов /Дубна, 1975 г./	298 стр.	3 р. 00 к.
Д2 - 9788	Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля /Алушта, 1976 г./	390 стр.	2 р. 40 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избраным вопросам структуры ядра /Дубна, 1976 г./	452 стр.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективному методу ускорения. Дубна, 1976.	292 стр.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	560 стр.	3 р. 50 к.

Д1.2.14-10908

Труды Международного симпозиума по проблемам мезонной химии и мезомолекулярных процессов в веществе. Дубна, 1977.

348 стр. 4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований