

О ЯДЕРНЫХ ЭФФЕКТАХ В ГЛУБОКОНЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ ЭЛЕКТРОНОВ И МЮОНОВ

И.А.Савин, Г.И.Смирнов

Предлагается использовать для анализа данных по глубоконеупругому рассеянию электронов на ядрах предположение о зависимости параметра $R = \sigma_L / \sigma_T$ от атомного веса ядра A в виде $R = aA^{1/3}$. Обращается внимание на важность правильного учета величины R в таких экспериментах по сравнению с экспериментами по глубоконеупругому рассеянию мюонов, где $R \approx 0$. Показано, что предложенная зависимость $R(A)$ позволяет согласовать результаты, полученные к настоящему времени в экспериментах на электронах и мюонах.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

I. A. Savin, G. I. Smirnov

On Nuclear Effects in Deep Inelastic Scattering of Electrons and Muons

An assumption on the dependence of parameter $R = \sigma_L / \sigma_T$ on the atomic weight of nucleus A in the form $R = aA^{1/3}$ is suggested to be used for the analysis of data on deep inelastic electron scattering on nuclei. Attention is paid to the importance of correct account of value R in such experiments as compared with those on deep inelastic muon scattering, where $R \approx 0$. It is shown that with the suggested dependence $R(A)$ the results obtained till now in experiments with electrons and muons will be compatible.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Уже неоспоримым является тот факт, что структурная функция нуклона $F_2(x)$, измеренная в экспериментах по глубоконеупругому рассеянию лептонов на мишенях из тяжелых ядер, отличается от структурной функции для свободного нуклона $^{1-3/}$. Недавние прецизионные результаты мюонного эксперимента в ЦЕРНе $^{4/}$ подтвердили монотонное уменьшение отношения $F_2(Fe)/F_2(D)$ с ростом x ($x = Q^2/2Mv$), которое впервые было измерено Европейской мюонной коллаборацией /EMC/ $^{1/}$. С другой стороны, эксперимент в СЛАК недавно продемонстрировал $^{3/}$ очевидное отличие своих результатов от

результатов ЕМС для отношения железо/дейтерий. В области $x < 0,4$ точки СЛАК для отношения σ^{Fe}/σ^D близки к 1, тогда как для $x > 0,4$ они следуют по точкам ЕМС. Это отличие привлекло внимание теоретиков /5/.

В настоящем сообщении мы хотели прежде всего предостеречь против прямого сравнения результатов СЛАК и ЦЕРНа. В самом деле, две группы из ЦЕРНа /1, 4/ представляют отношение структурных функций, которое было получено с помощью уравнения /1/, при предположении $R = \alpha_L / \sigma_T = 0$ как для железа, так и для дейтерия.

$$\frac{d^2\sigma}{dQ^2 dx} = \frac{4\pi\alpha^2}{Q^4 x} \left[(1-y) + \frac{y^2}{2(1+R)} + \frac{Q^2}{2E} \left(\frac{1}{1+R} - \frac{1}{2} \right) \right] F_2(x, Q^2). \quad /1/$$

Здесь Q^2 - квадрат 4-импульса, переданного мюоном, E - энергия пучка, $y = \nu/E$, $\nu = E - E'$ и E' - энергия рассеянного мюона. Предположение о том, что $R = 0$, не противоречит экспериментальным результатам по измерению отношения сечений поглощения продольных σ_L и поперечных σ_T виртуальных фотонов, которые были получены в экспериментах по рассеянию мюонов высоких энергий /6, 7/. Следует иметь в виду, что, поскольку R существенно не отличается от 0, его вклад в сечение /1/ мог бы быть заметным только для больших y . Группа из СЛАК, однако, не предполагала, что $W_2^A/W_2^D = \sigma^A/\sigma^D$ и привела данные для отношения сечений σ^A/σ^D /3/.

Отношение R связывает феноменологические структурные функции $F_1(x, Q^2)$ и $F_2(x, Q^2)$:

$$R = \alpha_L / \sigma_T = \frac{F_L + F_2 Q^2 / \nu^2}{2x F_1}, \quad F_L = F_2 - 2xF_1. \quad /2/$$

Поскольку зависимость $F_2(x)$ от атомного веса A является хорошо установленным фактом, трудно рассматривать $F_1(x, Q^2)$ и $R(x, Q^2)$ не зависящими от A . К примеру, между R и атомным весом A может существовать связь в такой форме:

$$R(A) = aA^{1/3}, \quad /3/$$

которая не противоречит результатам, полученным в опытах по глубоконеупругому рассеянию электронов на ядрах /3/ /см. рис.1/. Параметр a должен зависеть от Q^2 таким образом, чтобы $R \sim 0$ для $Q^2 = 50-200 \text{ ГэВ}^2$ *. Для наших расчетов

*Как было упомянуто Й.Дрисом /8/, выражение $R = Q^2/\nu^2$ хорошо описывает данные при низких энергиях. Оно также справедливо в области энергий, исследованной в экспериментах по глубоконеупругому рассеянию мюонов.

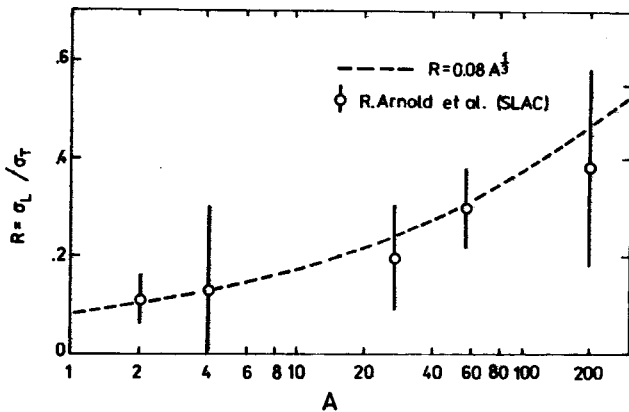


Рис.1. Результаты измерения $R = \sigma_L / \sigma_T$, полученные на ядрах ^{3/}. Пунктирной кривой показана зависимость $R = 0,08 A^{1/3}$.

достаточно хорошим приближением является $a = 0,08$, что позволяет получить хорошее согласие с экспериментальными данными, приведенными на рис.1. Выражение ^{3/} может помочь нам проверить согласованность данных по x -зависимости отношений для сечений /СЛАК/ и структурных функций /ЦЕРН/.

Мы вычислили отношение σ^A / σ^D (которое могло бы быть измерено как ЕМС ^{1/}, так и сотрудничеством БЦДМС ^{4/}) при $E = 280$ ГэВ, используя выражение ^{1/} и предполагая, что $R \neq 0$, но связано с A зависимостью ^{3/}. Для параметризации структурных функций мы использовали результаты ЕМС как для структурной функции $F_2(x, Q^2)$ свободного нуклона ^{9/}, так и для нуклона, связанного в ядре железа: $F_2^{Fe} / F_2^D = 1,17 - 0,52x$. Интегрирование выполнено в кинематической области $35 < Q^2 < 200$ ГэВ²; $0,1 < x < 0,8$; $0,1 < y < 0,9$. Сплошной линией на рис.2 показаны результаты вычислений с $R=0$, что просто иллюстрирует эффект ЕМС и будет использовано ниже для сравнения. Затем расчеты были выполнены с отношением σ_L / σ_T , как оно определено выражением ^{3/}. В результате отношение сечений для железа и дейтерия существенно преобладает в области $x < 0,4$ и показано на рис.2 линией из точек. Самое сильное изменение наблюдается для малых величин x , которые кинематически коррелированы с большими значениями y , важными для вклада R в сечение ^{1/}. Полученное отношение находится в превосходном согласии с результатами СЛАК ^{3/}. Это означает, что подход, предложенный выражением ^{3/}, позволяет согласованно описать данные СЛАК и ЦЕРНа с помощью отношения структурных функций F_2^{Fe} / F_2^D , не зависящего от Q^2 . Группы как в ЦЕРНе, так и в СЛАКе не наблюдали Q^2 -зависимости этого отношения в пределах Q^2 -области, изученной в каждом эксперименте.

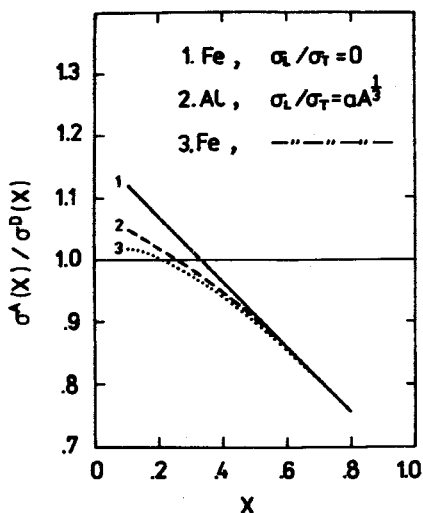


Рис.2. Зависимость от переменной x отношений σ^A/σ^D , вычисленных с использованием одних и тех же отношений $F_2^A/F_2^D = 1,17 - 0,52x$, но различных $R = \sigma_L/\sigma_T$: 1/ $R = 0$, 2/ и 3/ $R = 0,08 A^{1/3}$.

Другой интересный результат может быть получен из сравнения сечений, измеренных на алюминиевой и дейтериевой мишенях, если R задано выражением /3/. Отношение σ^{Al}/σ^D показано на рис.2 пунктирной кривой, которая хорошо согласуется с данными СЛАК для алюминиевой мишени /2/.

Отсюда следует, что результаты СЛАК для различных ядер могут быть выражены с помощью отношения F_2^A/F_2^D независимо от атомного веса A . Количественное изучение A -зависимости структурных функций, по-видимому, является областью исследований экспериментов по рассеянию мюонов высоких энергий, где $R = 0$.

Если рассматриваемые эксперименты сравнивать в области $x > 0,4$, то видно, что эффекты A -зависимости, предложенной выражением /3/, малы, а явление отклонения отношения F_2^A/F_2^D от единицы, наблюдаемое как в ЦЕРНе, так и в СЛАКе, можно считать хорошо установленным. Именно в этой области такое явление наблюдается не только в экспериментах ЦЕРНа и СЛАКа, но и в экспериментах по предельной фрагментации ядер /10/, в которых A -зависимость структурных функций в области $0,5 < x < 3$ изучается много лет.

В заключение мы показали, что связь между отношением R /сечений поглощения продольных и поперечных виртуальных фотонов/ и атомным весом A в виде $R = \alpha A^{1/3}$ представляет возможности: 1/ согласованно описать результаты экспериментов ЕМС, БЦДМС и СЛАК в терминах одного и того же отношения структурных функций, не зависящего от Q^2 ; 2/ объяснить подъем в области $x \sim 0,2$ в данных СЛАК для легких ядер, который исчезает для тяжелых.

Приведенные аргументы, наконец, могут оказаться полезными для выяснения причин разногласий /6/ между результатами исследований ядерных эффектов в экспериментах по глубоконеупругому рассеянию мюонов и нейтрино на ядрах.

Предложенная зависимость $R(A)$ заслуживает внимательного изучения, так как может быть интерпретирована как след-

ствие того, что для поперечных виртуальных фотонов существует явление экранировки в виде $\sigma_T^A/\sigma_T^N \sim A^{2/3}$, которое отсутствует для продольных $\sigma_L^A/\sigma_L^N \sim T/A$.

Авторы благодарны проф. А.М.Балдину и А.В.Ефремову за стимулирующие обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aubert J.J. et al. Phys.Lett., 1983, 123B, p. 275.
2. Bodek A. et al. Phys.Rev.Lett., 1983, 50, p. 1431; 1983, 51, p. 534.
3. Arnold R.G. et al. Phys.Rev.Lett., 1984, 52, p. 724.
4. Ардженто А. и др. Сотрудничество Болонья-ЦЕРН-Дубна-Мюнхен-Сакле /БЦДМС/. Доклад на 22 Международной конф. по физике высоких энергий. Лейпциг, 1984.
5. Faissner H. et al. Preprint of Physikalisches Institut, Technische Hochschule Aachen, Dec., 1983; J.Dias de Deus et al. TH.3833-CERN, 1984.
6. Dydak F. Rapporteur's talk given at the Intern. Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, 1983, CERN-EP/83-171.
7. Bollini D. et al. Phys.Lett., 1981, 104B, p. 41; Aubert J.J. et al. Phys.Lett., 1983, 121B, p. 87.
8. Dress J. The talk at the Frühjahrstagung Kern-und Hoch-energiephysik, Bonn Univ., PIB 1-132, 1971.
9. Aubert J.J. et al. Phys.Lett., 1981, 105B, p. 315; Phys.Lett., 1983, 123B, p. 123.
10. Baldin A.M. JINR, E2-83-415, Dubna, 1983; Baldin A.M. Proc. of the 1981 CERN-JINR School of Phys., CERN 82-04, 1982, p. 1-30.