

КУЛОНОВСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ АДРОНОВ НА ЯДРАХ И ГИГАНТСКИЙ ДИПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС

*М.И. Адамович, С.П. Харламов, В.Г. Ларионова,
Ф.Р. Ягудина*

Обнаружена диссоциация дейтронов с импульсом $9,4 \text{ Гэв/с}$ и протонов с импульсом 200 Гэв/с на ядрах, обусловленная кулоновским полем ядра-мишени и сопровождающаяся возбуждением гигантского дипольного резонанса. Обсуждаются возможности применения обнаруженного явления для изучения электромагнитных взаимодействий с мезонами и гиперонами в качестве мишеней.

В работе [1] приведены результаты исследования диссоциации и стриппинга дейтронов с импульсом $9,4 \text{ Гэв/с}$ на ядрах фотоэмульсии. Продолжая эти исследования, мы рассмотрели случаи протонного стриппинга дейтронов, сопровождающиеся вылетом из ядра мишени одного только медленного протона. В случае протонного стриппинга дейтронов очевиден следующий механизм появления медленных протонов. Нейтрон с импульсом $4,7 \text{ Гэв/с}$ после стриппинга дейтрона выбивает из ядра-мишени быстрый нуклон и оставляет ядро в возбужденном состоянии. В результате из ядра-мишени вылетает также медленный протон. Таким образом, для событий протонного стриппинга надо ожидать, что число событий стриппинга с двумя релятивистскими заряженными частицами будет сравнимо с числом событий с одной релятивистской заряженной частицей. Оказалось, что событий с медленным протоном и двумя релятивистскими частицами в пять раз меньше, чем аналогичных событий с одной релятивистской частицей. Отсюда следует, что в своем большинстве события с медленным протоном не являются результатом стриппинга дейтронов.

Рассматриваемые события легко интерпретировать как результат процесса диссоциации дейтрона кулоновским полем ядра-мишени. Диссоциация дейтрона в этом случае является процессом фоторасщепления дейтрона виртуальным фотоном, а появление медленных протонов является результатом воздействия этого фотона на ядро как целое с возбуждением гигантского дипольного резонанса. Подтверждением этой гипотезы служит совпадение энергетического спектра протонов со спектром гигантского дипольного резонанса. Кроме того, соотношение выходов обычной диссоциации дейтрона к диссоциации с медленным протоном согласуется с отношением выходов np - и npn -реакций гигантского дипольного резонанса на ядрах серебра. Полное сечение обнаруженного процесса на ядре Ag или Br составляет $40 \pm 8 \text{ мбн}$.

Предварительное рассмотрение показывает, что аналогичные закономерности мы обнаруживаем и в событиях диссоциации протонов с им -

пульсом 200 Гэв/с на ядрах фотоэмульсии (использовалась часть экспериментального материала АЛМТ-сотрудничества [2]). Полное сечение неупругой кулоновской диссоциации протонов с возбуждением дипольного резонанса на ядрах Ag и Br составляет $3 \pm 0,7 \text{ мбн}$. Подробный анализ будет приведен в другом месте.

Обнаруженное явление кулоновской диссоциации релятивистских адронов с возбуждением гигантского дипольного резонанса на ядре-мишени открывает новые возможности в физике элементарных частиц.

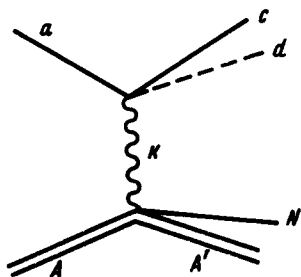


Диаграмма кулоновской диссоциации адрона с возбуждением гигантского дипольного резонанса на ядре-мишени

Рассмотрим вклад диаграммы, показанной на рисунке, в столкновение релятивистского адрона с зарядом e и массой M_1 с ядром A заряда Z_e и массой M_A . Здесь k — импульс виртуального фотона, p — импульс падающего адрона a и p_2 — суммарный импульс системы $c + d$. При не очень высоких энергиях вклад этой диаграммы маскируется сильными взаимодействиями. Однако, при больших Z_e , релятивистских энергиях ($\gamma \gg 1$, $\gamma = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$, β — скорость налетающего адрона) и малых k^2 вклад этой диаграммы может быть большим. В этом случае верхняя вершина диаграммы соответствует матричному элементу фоторождения

$$\gamma + a \rightarrow c + d, \quad (1)$$

а нижняя вершина соответствует гигантскому дипольному резонансу (с вылетом протона или нейтрона N). Гигантский дипольный резонанс может служить индикатором энергии эквивалентного фотона в реакции типа фоторождения (1). Отметим, что кулоновская диссоциация нейтрона с импульсом 200 Гэв/с на протон и пион исследовалась недавно в Батавии [3].

Кулоновское поле налетающего адрона можно заменить спектром эквивалентных фотонов [4]:

$$n(k)dk = \frac{2}{\pi} a Z_e^2 \ln\left(\frac{\eta \gamma M_1}{k}\right) \frac{dk}{k} \quad (2)$$

Когда длина волны фотона больше размеров ядра

$$k \leq \frac{1}{R} \leq m_\pi A^{-1/3}, \quad (3)$$

то на ядро-мишень фотон действует когерентно (для $A = 109$, $k \lesssim 29 \text{ мэв}$). Гигантский дипольный резонанс имеет уровни в области $10 - 30 \text{ Мэв}$.

Эквивалентная энергия фотона E_γ в антилабораторной системе координат (адрон a покоится) определяется формулой

$$E_\gamma = \kappa \frac{pk}{M_1}, \quad (4)$$

где $\kappa = 2$ для k , антипараллельного налетающему адрону, и $\kappa = 1$ для перпендикулярного. Отсюда следует, что, например при взаимодействии пиона с импульсом $60 \text{ Гэв}/c$ с тяжелым ядром и регистрацией нуклонов от гигантского резонанса, происходит электромагнитное взаимодействие пиона в его системе с энергией, эквивалентной $E_\gamma = 12 \text{ Гэв}$ (при $K = 0,015 \text{ Гэв}$). При энергии пионов 200 Гэв для пионной мишени имеем электромагнитное взаимодействие с энергией, эквивалентной 40 Гэв .

Приведем перечень возможных постановок физических экспериментов с индикацией по гигантскому дипольному резонансу. 1) Изучение электромагнитных формфакторов пионов, каонов и гиперонов в реакциях кулоновского рассеяния на ядрах. В этих опытах можно использовать пучки существующих ускорителей ОИЯИ и ИФВЭ. 2) Изучение поляризуемости пионов, каонов и других элементарных частиц по упругому рассеянию кулоновских фотонов на соответствующих адронах при не слишком высоких энергиях. В этом случае можно использовать пучки пионов мезонной фабрики. При высоких энергиях (ускорители ОИЯИ и ИФВЭ) открывается возможность исследовать упругое рассеяние фотонов на пионах, каонах и т. д. (комpton-эффект на мезонах и гиперонах). 3) Исследование фоторождения пионов на пионах и каонах в области энергий до 12 Гэв при существующих энергиях пучков пионов, каонов в ИФВЭ. 4) Определение квантовых чисел мезонных резонансов, например, X^0 -мезона (η' -мезона) по взаимодействию релятивистских α -частиц (при энергиях ускорителя ИФВЭ) с кулоновским полем ядер (когерентное фоторождение X^0 -мезона на ядрах гелия). 5) Использование пиона в качестве мишени для решения той же задачи ($\gamma + \pi \rightarrow \pi + X^0$) при энергиях ускорителя ИФВЭ. 6) Использование релятивистских ядер для исследования фоторождения гиперядер ($\gamma + a \rightarrow K + a_\Lambda$).

В заключение отметим, что использование метки по возбуждению гигантского резонанса на ядре-мишени легко осуществимо на опыте. Для этого достаточно измерять энергию медленных протонов или нейтронов, вылетающих из мишени. Кроме того, можно использовать разностный метод определения сечений при определенной энергии.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 февраля 1975 г.

Литература

- [1] N. Dalkhazav, G.S. Shabratova, K.D. Tolstov, M.I. Adamovich, V.G. Larionova. Nucl. Phys., A222, 614, 1974.

- [2] Алма-Ата – Ленинград – Москва – Ташкент – сотрудничество. ЯФ,
20, 94, 1974.
- [3] T. Ferbel. Proceedings of the Vth International Symposium on many
particle Hadrodynamics, page 868. Eisenach and Leipzig, GDR, June 4–10, 1974.
- [4] А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий. Квантовая электродинамика, М.,
изд. Наука, 1969, стр. 462.
-