

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



а 343а

Г-558

2609/2-78

М.Гмитро

19/01-78

P5 - 11303

МЕЗОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

ПРИ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЯХ

1978

P5 - 11303

М.Гмитро

**МЕЗОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПРИ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЯХ**

Гмитро М.

P5 - 11303

Мезон-ядерные взаимодействия при средних энергиях

Дается краткий обзор некоторых теоретических результатов, полученных совместно сотрудниками ЛТФ ОИЯИ, НИИЯФ МГУ, ШИЯИ Россендорф (ГДР) и ИЯФ ЧСАН Ржеж (ЧССР). Обсуждается применение теории киральных лагранжианов для определения мезонных поправок в слабых процессах на ядрах. Рассмотрено взаимодействие пионов с ядрами в случае радиационного захвата ($\pi^- \gamma$), упругого рассеяния и зарядового обмена ($\pi^+ \pi^0$). Приведены примеры конкретных расчетов для ядер s- и p-оболочек и новейшие экспериментальные результаты для названных реакций. Подчеркивается вывод о плодотворности объединения концепций ядерной физики низких энергий и физики элементарных частиц (АВТ).

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Gmitro M.

P5 - 11303

Meson-Nuclear Interactions at Intermediate Energies

A short review is presented of a part of theoretical results obtained in the collaboration of Laboratory of Theoretical Physics, JINR (USSR), Moscow State University, Central Institute of Nuclear Research, Rossendorf (GDR) and Institute of Nuclear Physics, Řež (Czechoslovakia). Application of the chiral lagrangian theories for calculation of the exchange-current corrections in the weak nuclear processes is discussed. We review the interaction of pions with nuclei in the cases of radiative pion capture ($\pi^- \gamma$), elastic scattering and charge exchange ($\pi^+ \pi^0$) reactions. Selected calculations are presented for the s- and p-shell nuclei together with the experimental results for the above mentioned processes. As a conclusion, it is underlined that the considered results give evidence in favour of the unification of the concepts of low-energy nuclear physics and elementary particle physics.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Если посмотреть в недалекое прошлое ядерной физики, то окажется, что ее развитие в течение нескольких десятилетий было глубоко стимулировано представлением о том, что определяющими являются свойства внешних нуклонов и их зацепление за коллективные степени свободы. Думается, что это все еще очень плодотворная идея и есть новейшие результаты /весна, лето 1977 г./, подтверждающие такое мнение.

Однако за последние годы сформулировалась и новая, качественно отличная область ядерной физики, связанная с введением новых, мезонных степеней свободы, которые отличаются от привычных нейтронных и протонных, рассматриваемых до сих пор. Чтобы показать, какие конкретные проблемы здесь возникают, приведу несколько примеров новых результатов, в основном связанных с нашей собственной работой. Краткости ради ограничусь, довольно произвольно, результатами, которые относятся к π -мезонам. В частности, полностью опускаю работы по μ^- -захвату на дейтерии и легких ядрах, которые проводились в нашей группе. Результаты, использованные в настоящем сообщении, получены главным образом в совместных исследованиях сотрудников ЛТФ ОИЯИ /Р.А.Эрамжян/, НИИЯФ МГУ /Л.А.Тосунян, Р.А.Сакаев/, ЦИЯИ, Россендорф /Х.Р.Киссенер/ и ИЯФ ЧСАН в Ржеже /Э.Труглик, Р.Мах и М.Гмитро/.

1. ВИРТУАЛЬНЫЕ π -МЕЗОНЫ; ОБМЕННЫЕ ТОКИ

Хорошо известно, что ряд больших достижений в исследовании природы фундаментальных взаимодействий

явился заслугой физики малых энергий. Это положение сохраняется и сейчас: если в названии настоящей статьи указываются "средние" энергии, то имеется в виду интервал $\sim 100 \text{ МэВ} \div 1 \text{ ГэВ}$, а для большинства - это все равно "малая" энергия.

Вместо перечисления всех доводов в пользу последнего утверждения проще будет сослаться на поиски нейтрального слабого взаимодействия, нарушающего четность ($\Delta S=0, \Delta T=1$). Опыты в атомных системах (Bi), проведенные в университетах Вашингтона и Оксфорда, дают отрицательный результат: нарушения четности не наблюдается. В настоящее время проводятся работы ^{/1/}, которые, по наблюдению поляризации E1-перехода /1,081 МэВ/ в ¹⁸F /рис. 1/ из-за M1 примеси, могут ответить на вопрос о том, связаны ли результаты атомных наблюдений специфически с электронами, или же эта проблема - общая для любых нейтральных взаимодействий. В случае утвердительного ответа придется, видимо, отказаться от представления о том, что нейтральный ток передается единственным нейтральным векторным бозоном Z_0 ; придется предположить, видимо, существование двух таких бозонов. Пример показывает, насколько полезными могут быть атомные ядра в про-

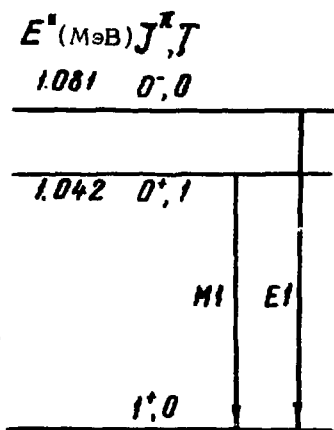


Рис. 1. E1- и M1 - переходы в ядре ¹⁸F, использованные для изучения проблемы несохранения четности нейтральными токами ^{/1/}.

цессе изучения основных взаимодействий. Для достоверности результатов необходимо, однако, тщательно рассмотреть все тонкости механизма, раз речь идет о сравнении с экспериментом на уровне %! И здесь наряду с нуклонами, конечно, приходится изучать, как проявляют себя виртуальные мезоны, которые присутствуют в ядре. Может быть, мезоны инертны, и просто окружают нуклоны? Вряд ли. В конце концов, нуклоны упакованы довольно плотно и, наверняка, будут иметь место отклонения от такой картины. Они входят в понятие так называемых обменных токов.

Основной и решающий вклад при описании мезон-ядерных, электромагнитных, слабых и т.д. процессов получаем в рамках импульсного приближения, т.е. эффективный гамильтониан /например, слабого/ процесса принимаем в виде суммы одночастичных слагаемых. А обменный ток дается графиком, соответствующим двухчастичному оператору, который символически показан на *рис. 2*.

Работы по изучению обменных токов ведутся давно, а в последние 5-7 лет - очень интенсивно. Грубо говоря, проблема состоит в том, чтобы решить, какие процессы необходимо учитывать: сколько нужно графиков?

Э.Труглик и Е.А.Иванов^{2/} воспользовались идеями теории киральных лагранжианов, которые разрабатывались и разрабатываются в ЛТФ, например, В.И.Огневским, М.К.Волковым и другими. Эти теории дают не только рабочий инструмент в виде лагранжианов, но и ука-

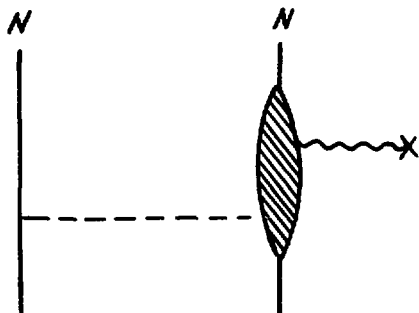


Рис. 2. Вклад одно-мезонного обменного тока.

зывают на то, какие процессы дают вклады одинакового порядка. Проверив выполнение условия частичного сохранения аксиального тока /дивергенция включенных членов должна соответствовать полю пиона/, можно убедиться, что ни один из членов данного порядка не опущен.

В качестве примера рассмотрим поправки в процессе β -распада ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + e^- + \bar{\nu}$. Процесс определяется гамма-теллеровским матричным элементом, измеренное значение

$$M_{\Gamma\Gamma}(\text{эксп}) = -\sqrt{6}(0,973 \pm 0,010) \text{ /точность 1\%/}.$$

Расчет в импульсном приближении дает

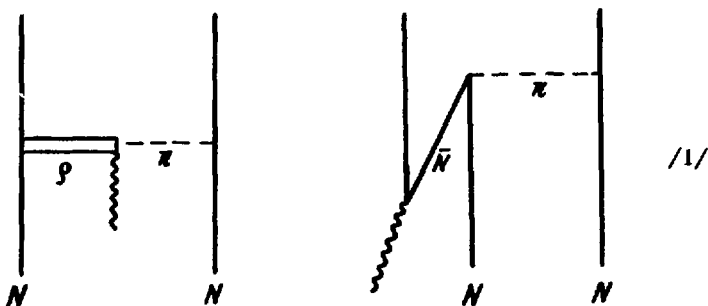
$$M_{\Gamma\Gamma}(\text{ИП}) = -\sqrt{6} \cdot 0,930.$$

Для объяснения расхождения

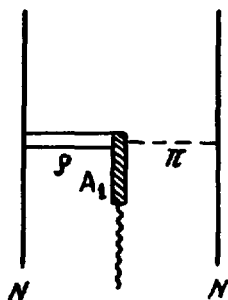
$$\delta = (M_{\Gamma\Gamma}(\text{эксп}) - M_{\Gamma\Gamma}(\text{ИП})) / (-\sqrt{6}) = 0,043$$

Охта и Вакаматсу^{3/} использовали идеи Ро и Чемтоба^{4/} об обменных токах. Однако их результат $\delta = 0,087$ в два раза превысил нужную поправку.

На языке графиков результат Охта и Вакаматсу складывается из примерно равных вкладов от двух процессов с участием мезонных токов:



Анализ, проведенный в ЛТФ для случая дейтерия^{4/}, показал, что при этом опущен еще один процесс того же порядка величины по f_π . Его можно изобразить графиком



/2/

и его вклад практически полностью компенсирует вклад от первого из процессов /1/. По-видимому, здесь имеем очень хороший пример внутренней согласованности и силы подхода, основанного на киральных лагранжианах. Конечно, приведенный результат имеет характер оценки, и для окончательного решения набравшей проблемы β -распада трития надо провести точный расчет с использованием хороших волновых функций, которые теперь уже имеются в нашем распоряжении.

Несколько лет оживленно обсуждается вопрос о зарядовой инвариантности и зарядовой симметрии сильных взаимодействий. В случае $N-N$ -рассеяния зарядовая симметрия требует равенства длин рассеяния в $p-p$ - и $n-n$ -системах. Из $p-p$ -рассеяния извлекается

$$(a) \quad a_{pp} = -17,9 \text{ Фм.} \quad /3/$$

с хорошей точностью. Длина нейтрон-нейтронного рассеяния известна по реакциям с двумя нейтронами в конечном состоянии. Согласно одной из недавних обработок, принималось

$$a_{nn} = -16,4 \pm 0,9 \text{ Фм.} \quad /4/$$

Надо полагать, что оценка погрешности здесь чересчур оптимистична. Для серьезного обсуждения применимости картины зарядово-симметричных $N-N$ сил надо, однако, иметь гораздо более точное экспериментальное значение a_{nn} . Для этого лучше всего рассмотреть реакцию

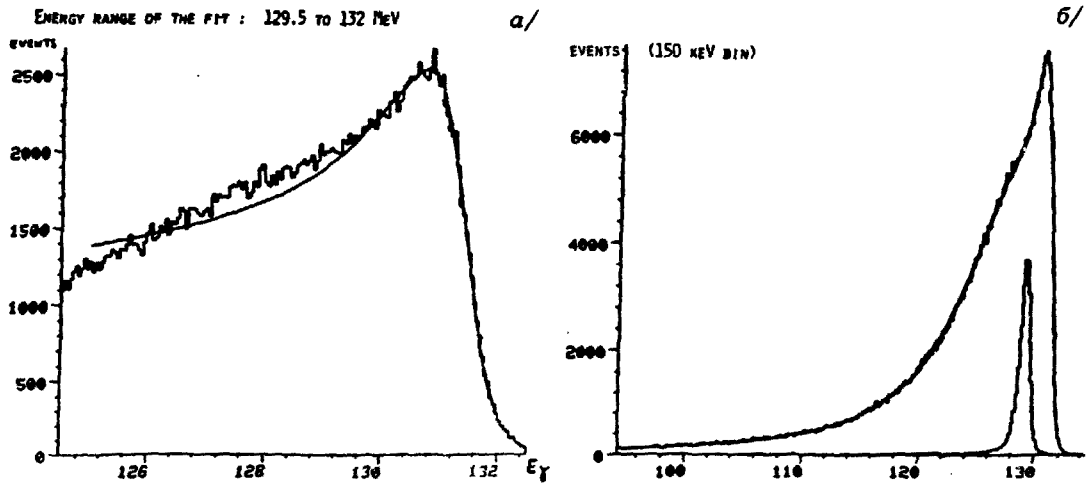


Рис. 3. Результаты предварительной обработки ^{6/} гамма-спектров из реакции ${}^2\text{H}(\pi^-, \gamma){}^2\text{H}$. Приближенная теория, учитывающая взаимодействие в конечном состоянии лишь в области максимума E_γ /рис. 3а/, дает $a_{nn} = -/17,5 \pm 1,4/ \text{Фм}$; более последовательная теория отлично воспроизводит экспериментальную гистограмму /рис. 3б/ и дает $a_{nn} = -/18,2 \pm 0,4/ \text{Фм}$.

(π^- , γ) на дейтерии. Таким анализом в нашей группе занимались Труглик и Сотона^{/5/} в 1975 г. Летом 1977 г. в СИНе был завершен /и теперь еще обрабатывается/ соответствующий эксперимент. Наблюдено 430 000 случаев реакции ${}^2\text{H}(\pi^-, \gamma)2\text{p}$. Результаты предварительной обработки^{/6/} спектра фотонов приведены на рис. 3. По форме спектра получено значение длины p-p рассеяния. Результат

$$a_{\text{nn}} = -/18,2 \pm 0,4/ \text{ Фм.} \quad /5/$$

при значительно повышенной точности приближается к величине длины рассеяния /3/, полученной из p-p - экспериментов.

Необходимо подчеркнуть, что извлечение из мезон-ядерных /и электрон-ядерных/ процессов количественной информации о константах связи, факторах, ..., в частности, о величине a_{nn} из последнего примера, требует обязательного рассмотрения эффектов, связанных с обменными мезонными токами. Только тогда можно по-настоящему воспользоваться тем повышенным уровнем точности, который сейчас достигается на нововведенных экспериментальных установках, для более глубокого понимания природы основных взаимодействий.

2. РЕАЛЬНЫЕ π -МЕЗОНЫ; РАДИАЦИОННЫЙ ЗАХВАТ

Взаимодействие физических π -мезонов с ядрами довольно тесно связано с предыдущей темой, в которой мы обсуждали проявление мезонных степеней свободы внутри ядра. Здесь получен ряд стимулирующих указаний, следуя которым, можно, видимо, продвинуться ближе к ответу на вопрос о том, как зацепляются ядерные состояния и пионные степени свободы. В работах Эриксонов и их сотрудников указывается на связь пионного поля и ядерного аксиального тока.

Здесь, однако, я хочу рассказать о другой стороне, о самом процессе радиационного захвата π^- -мезонов ядрами. В последние годы удалось твердо установить, что

доминирующая роль в механизме такого захвата на легких ядрах принадлежит резонансным процессам, как это предсказывалось более 10 лет назад Балашовым, Белявым, Кабачником и Эрамжяном^{7/}. Дело в том, что в реакции (π^-, γ) /а также, например, в электронном рассеянии, μ^- -захвате и в ряде других реакций/ идет возбуждение ядра с очень малой передачей импульса. Говоря проще, возбуждение идет путем замены протона нейтроном без особой перестройки ядра /без изменения импульса/. Любое состояние, возникшее в результате такой операции, должно быть простым возбуждением /на техническом языке: частично-дырочным возбуждением/ и никак не может быть состоянием, в котором имеется десяток возбужденных частиц.

Напрашивается аналогия^{8/}. Надеюсь, что меня правильно поймут, если попытаюсь продемонстрировать суть дела путем сравнения с объектами, которые за последние три года стали очень хорошо известны. Изобар-аналоговые резонансы /ИАР/ в ядрах действительно похожи на $\psi /J, \psi'$ "частицы". Хочу заметить в самом начале, что есть между ними и существенная разница: природа ИАР в ядрах хорошо известна фактически с момента их обнаружения, в то же время о природе резонансов 3100 и 3700 МэВ, видимо, будет еще много разговоров.

Что же объединяет оба типа резонансов и определяет огромный к ним интерес? Их незначительная ширина. В обоих случаях имеем дело с очень узкими состояниями.

Узкие состояния, погруженные в сплошной спектр, интересны, потому что они объединяют наиболее любопытные черты обычных низколежащих состояний и обычных состояний сплошного спектра^{8/}. В спектроскопии имеются модели, которые хотя и не точны, но полезны, т.к. разумно отражают природу низколежащих состояний, т.е. состояний простой структуры. С ростом возбуждения модели становятся менее удачными: конфигурации более сложные, плотность состояний растет, смешивание увеличивается. Взаимодействие, которым пренебрегается в модели, становится более важным при высоких возбуждениях, т.к. появляется множество состояний, близких друг к другу, между которыми происходит силь-

ное смешивание. В результате у нас нет простых теоретических моделей для волковых функций высоколежащих состояний сплошного спектра. С другой стороны, состояния в континууме удобны для эксперимента, потому что для них имеем множество открытых каналов, множество способов возбуждения, и таким образом эти состояния являются богатейшим источником экспериментальных данных.

Изобар-аналоговые резонансы содержат самые привлекательные черты этих двух миров. Они находятся в сплошном спектре, могут быть возбуждены самыми разными способами, имеют много различных открытых каналов распада и представляют богатый и разнообразный предмет изучения. Но одновременно эти же ИАР обладают очень простой структурой, похожей на структуру низколежащих состояний, так что можно использовать простые модели. Каждая модель, которая хороша для низколежащих состояний, может быть с примерно равным успехом использована для состояний простой структуры в континууме. Поэтому открывается широкое поле деятельности для экспериментальной проверки и исследования различных моделей.

Радиационный захват π^- -мезонов ядрами описывается эффективным гамилтонианом

$$H_{\text{eff}} = \sum_{j=1}^A r_{-}(j) e^{-i\vec{k} \cdot \vec{r}_j} f_j \phi_{nlm}(\vec{r}_j), \quad /6/$$

где \vec{k} - импульс γ -кванта. Элементарная амплитуда

$$f_j = (\vec{\sigma}_j \cdot \vec{\epsilon}_\lambda) [A + B(\vec{k} \cdot \vec{q})] + C(\vec{\sigma}_j \cdot \vec{k})(\vec{\epsilon}_\lambda \cdot \vec{q}) + iD\vec{\epsilon}_\lambda \cdot (\vec{q} \times \vec{k}) \quad /7/$$

берется с точностью до членов, линейных по импульсу π -мезона \vec{q} .

Проводя мультипольное разложение /6/, запишем оператор перехода в виде

$$\sum_{kk'} [\sigma \times Y_{k'}]_{kk} F(r; k, k'). \quad /8/$$

F содержит геометрические факторы, радиальную волновую функцию π^- -мезона и т.д.

Из этой формы видно, что процесс радиационного π^- -захвата идет через возбуждение:

а/ изовекторного магнитного дипольного резонанса ($k'=0$) ;

б/ изовекторного спин-изоспинового резонанса дипольного типа ($k'=1$). С ростом радиуса ядра-мишени будут возникать резонансы более высокой мультипольности в первую очередь;

в/ квадрупольного типа ($k'=2$).

Первые два типа возбуждения хорошо видны на ядрах p -оболочки /9/ /рис. 4/.

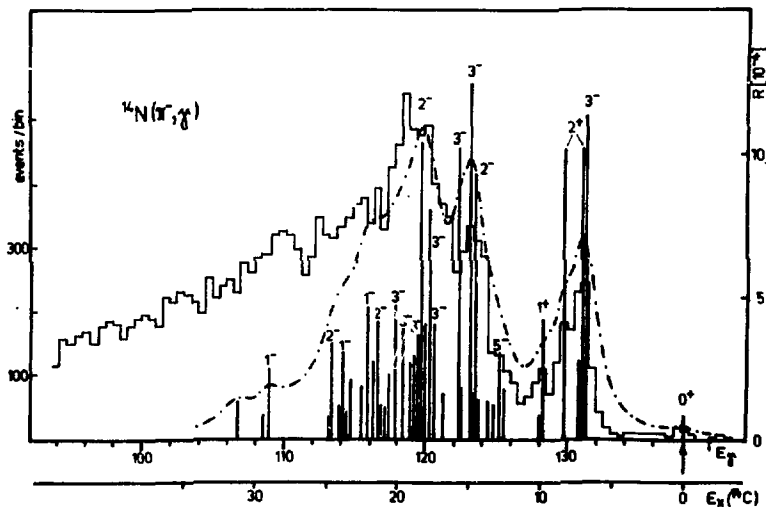


Рис. 4. Экспериментальный /гистограмма/ и теоретический /штрих-пунктирная линия/ спектры фононов в реакции $^{14}\text{N}(\pi^-, \gamma)^{14}\text{C}$. Возбуждение уровней положительной четности $E_x < 10$ МэВ/ соответствует M1-переходам. Дипольная ветвь возбуждений /1-, 2-, 3-/ объясняет характер спектра лишь в области $115 \text{ МэВ} \leq E_\gamma \leq 125 \text{ МэВ}$.

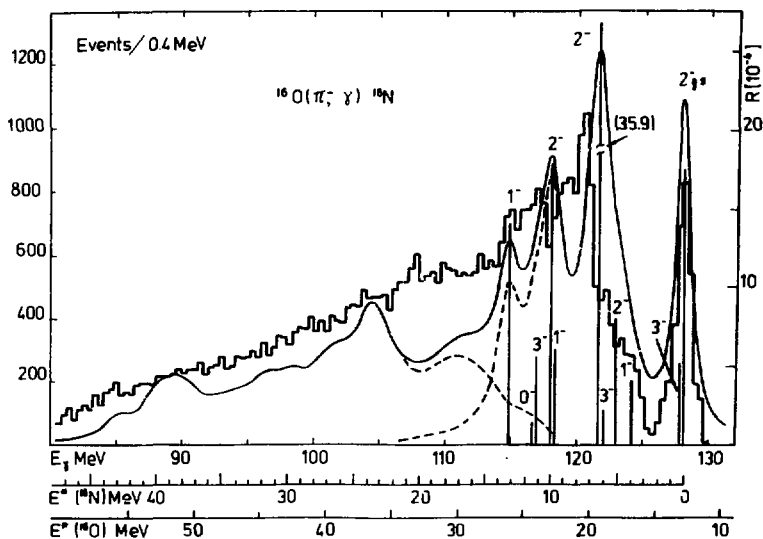


Рис. 5. Расчет для (π^-, γ) реакции на ядре ^{16}O хорошо согласуется с экспериментальной гистограммой благодаря учету квадрупольных возбуждений ядра, которые соответствуют низкоэнергетической $E_\gamma < 115$ МэВ/ части гамма-спектра.

Наиболее детальный расчет^{/10/} удалось провести для ядра ^{16}O , для которого имеем детальные микроскопические волновые функции состояний отрицательной и положительной четности /результаты даны на рис. 5/.

На рис. 4 и 5 хорошо видно, что дипольная ветвь возбуждений определлет лишь спектр наиболее жестких гамма-квантов. В то же время значительная часть переходов в радиационном π^- -захвате приводит к высоким возбуждениям ядра. Расчет в случае ^{16}O показывает, что квадрупольная ветвь процесса, которая отвечает за эти переходы /рис. 5/, дает 43%-ный вклад при вычислении скорости радиационного захвата.

В целом можно сказать, что за последние два года получены достаточно детальные и точные экспериментальные данные по реакции (π^- , γ) на легких ядрах. Теоретические работы, проведенные в нашей группе, показывают, что концепция доминирующей роли коллективных состояний ядра в мезон-ядерных взаимодействиях позволяет единым образом описать широкий круг процессов и количественно понять их основные закономерности.

3. РЕАЛЬНЫЕ π -МЕЗОНЫ; УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ

При изучении сильных взаимодействий наталкиваемся на характерную трудность: по рассеянию нуклонов на нуклонах при энергии ≈ 100 МэВ получаем лишь информацию о глобальных характеристиках N-N потенциала /сила, радиус/, детальное же его изучение требует перехода к более высоким энергиям, но там уже происходит рождение π -мезонов и проявляются разные новые механизмы. Аналогично в области 1-10 ГэВ начинаются проявления кварковой структуры адронов, но как только мы заинтересуемся деталями, то оказывается, что нужны более высокие энергии, и тогда проявляются все более тяжелые /сколько их?/ кварки.

Как же все-таки получить желанную информацию? Можно попытаться вместо взаимодействия свободных частиц использовать соударения в ядерной среде. Подбирая разные ядра-мишени, используя переходы между разными ядерными уровнями, получаем возможность менять условия, при которых происходит акт рассеяния.

Кстати, подходя исторически, надо сказать, что первоначальный опыт был не очень удачен. Исследования N-N амплитуды по свойствам трехнуклонной системы и в реакции $NN \rightarrow NN\gamma$ дали небольшую дополнительную информацию. Причина неудачи явно в том, что N-N амплитуда довольно медленно изменяется, и ее "зондирование" оказалось мало эффективным ввиду ограничен-

ного набора импульсов, присущих использованным ядерным системам.

Мы находимся лишь в начале пути. Надо ожидать, что изучение взаимодействия мезонов π, K и антипротонов с ядрами позволит в ближайшем будущем создать нужные "экстремальные" условия. До сих пор наиболее детально изучено рассеяние π -мезонов на малонуклонных системах и легких ядрах. Наиболее успешным теоретическим инструментом оказалась оптическая модель. Перечислим некоторые проблемы, которые возникают в такой задаче:

1/ При построении оптического потенциала надо заложить информацию о поведении $\pi-N$ амплитуды вне энергетической поверхности. Оказалось, что различие в поведении амплитуды при выходе за энергетическую поверхность может достаточно сильно отразиться в некоторых π -ядерных реакциях.

2/ Даже если считать известной "элементарную" $\pi-N$ амплитуду, то необходимо найти правильный закон перехода из $\pi-N$ системы в систему π -ядро.

3/ Для построения оптического потенциала надо учесть спин и изоспин ядра.

По всем этим проблемам нами проделаны исследования. Хочется отметить, что прямой контакт с экспериментальной группой Ю.А.Щербакова оказался отличным стимулом в этой работе. Результаты Маха по учету фермиевского движения нуклонов в ядре при рассеянии пионов широко цитируются и уже вошли в обзоры по этой проблематике.

Конкретно здесь покажем примеры двух реакций

1/ упругого рассеяния π^\pm ,

2/ зарядового обмена (π^+, π^0)

На рис. 6 приведены результаты расчета ^{11/} сечений π^\pm -рассеяния на ³He при энергии 154 МэВ. Сравнивая штрихованную и штрих-пунктирную линии, видим влияние ферми-движения, т.е. эффект правильного преобразования $\pi-N$ амплитуды в систему движущегося нуклона. Сплошной линией представлены результаты, полученные с учетом спиновых и изоспиновых членов оптического потенциала. Оказалось, что для исследования деталей

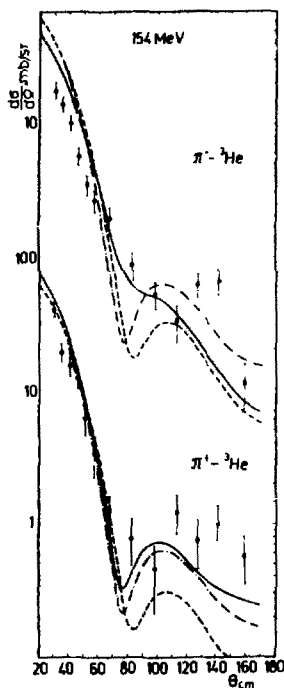


Рис. 6. Упругое рассеяние π^\pm -мезонов / $E = 154$ МэВ/ на ядре ${}^3\text{He}$. Расчет по оптической модели. Данные взяты из эксперимента, проведенного в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

ядерной структуры / S' и D компоненты волновой функции ${}^3\text{He}$ / выгодно использовать реакцию с π^- -мезонами.

Результаты теоретического исследования реакции зарядового обмена ^{12/} даются на рис. 7. Видно, что этот процесс чувствителен к поведению π - N амплитуды вне энергетической поверхности. Кривые в верхней части рисунка получены с применением модели Чу-Лоу для π - N процесса. Сечения (π^+ , π^0) процесса в нижней части рисунка, рассчитанные с локальным пион-ядерным потенциалом, выделяются качественно отличным поведением. В обоих случаях разные варианты соответствуют конкретным наборам S' - и D -примесей.

Все примеры я намеренно взял из области трехчастичных ядер. Изучение пион-ядерных столкновений должно оказаться особенно плодотворным в сочетании с существенным прогрессом, который был достигнут в изучении малонуклонных систем. Будучи оптимистом, можно считать, что нерелятивистская проблема трех нуклонов решена: в принципиальном плане - в форме теории Фаддеева, а в вычислительном - например, в форме разложения по гиперсферическим гармоникам. Думаю, что широкое использование таких волновых функций в расчетах процессов с мезонами может быть не только полезным для вышеназванных мезон-ядерных целей, но может послужить и отличной проверкой малонуклонных теорий, проверкой гораздо более глубокой и надежной, чем традиционное сравнение рассчитанных и измеренных значений энергии связи и электромагнитных формфакторов.

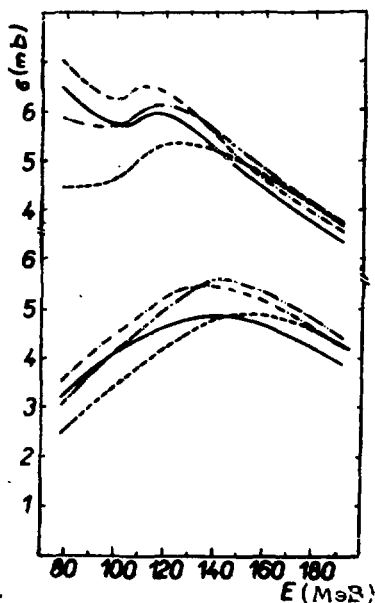


Рис. 7. Расчеты по оптической модели для реакции перезарядки $\pi^+ + {}^3\text{H} \rightarrow \pi^0 + {}^3\text{He}$.

Для настоящего сообщения я, по необходимости, отобрал лишь немного из того, что происходит в ядерной физике средних энергий. В основном - это материал, связанный с нашей собственной работой. Поэтому в заключение мне хочется хотя бы в двух словах поделиться общим впечатлением от просмотра материалов двух крупных ядерных конференций, которые проходили летом 1977 г. в Цюрихе и Токио. Мои впечатления оптимистичны. По двум названным конференциям можно составить довольно длинный список неожиданных и впечатляющих событий - а скорее открытий - в ядерной физике, большинство из которых произошло за последний год. Со списком такого типа выступил, например, Т.Эрикссон в Токио^{/13/}. Сказанное относится как к традиционной ядерной физике, так и к области мезон-ядерных исследований. Открыты новые явления, быстро меняются концепции. Происходит это, наиболее вероятно, благодаря объединению экспериментального прогресса и теоретических представлений, которые раньше разрозненно использовались в физике элементарных частиц и в ядерной физике. Очень похоже, что в недалеком будущем надо ожидать новых открытий.

Выражаю благодарность Р.Маху, Э.Труглику и Р.А.Эрамжяну за помощь при подготовке настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barnes C.A. *Tokyo conference 1977*, p.785.
2. Ivanov E.A., Truhlík E., *to be published*.
3. Ohta K., Wakamatsu M. *Univ. of Tokyo preprint UT-Komaba 75-8 (1975), unpublished*.
4. Chemtob M., Rho M. *Nucl.Phys.*, 1971, A163, p.1.
5. Sotona M., Truhlík E. *Nucl.Phys.*, 1976, A262, p.400.

6. *Alder J.C. e.a. Zürich conference 1977, p.49, contribution C20.*
7. *Balashov V.V. e.a. Phys.Lett., 1964, 9, p.168.*
8. *Lipkin H.J. FERMILAB-Conf. 76/98-THY (December 1976), unpublished.*
9. *Dogotar G.E., e.a. Nucl.Phys., 1977, A282, p.474.*
10. *Eramzhyan R.A. e.a. Nucl.Phys., 1977, A290, p.294.*
11. *Mach R., Nichitiu F., Shcherbakov Yu.A. Phys. Lett., 1974, 53B, p.133.*
12. *Mach R. Nucl.Phys., 1976, A258, p.513.*
13. *Ericson T.E.O. Introductory talk at the International Conference on Nuclear Structure, Tokyo, 1977.*

**Рукопись поступила в издательский отдел
3 февраля 1978 года.**