

РОЛЬ ЭФФЕКТОВ ПЕРЕРАССЕЙНИЯ ПИОНА И ОБМЕНА НУКЛОНОВ В КОНЕЧНОМ СОСТОЯНИИ В РЕАКЦИИ (π^- , nn)

Т. И. Копалейшвили, И. З. Мачабели, М. Ш. Чачхунашвили

На примере ядра ${}^4\text{He}$ показано, что в реакции (π^- , nn) эффект перерассейния пионов играет определяющую роль при малых переданных импульсах, а эффект обмена между всеми нуклонами в конечном состоянии — при больших. Это приводит к появлению соответствующих двух максимумов, что и согласуется с экспериментальными данными, полученными недавно [10].

На современном этапе в теории поглощения π^\pm -мезонов ядрами реакции (π^\pm , NN) рассматриваются как прямые реакции, идущие через двухчастичный механизм поглощения [1]. Этот механизм в шредингеровском подходе предполагает, что t -матрица, соответствующая реакции (π^\pm , NN) представима в виде суммы операторов поглощения произвольными парами, которые берутся в виде операторов поглощения π -мезона изолированной парой нуклонов. Прямой характер реакции предполагает, что обменом вылетевших нуклонов с нуклонами остаточного ядра в амплитуде реакции можно пренебречь. Эти приближения, вообще говоря, справедливы при малых переданных импульсах, или в высокоэнергетической части спектра вылетевших нуклонов, и, поэтому все основные результаты, полученные до сих пор, справедливы в этой области кинематических переменных.

Двухчастичная матрица поглощения в "микроскопическом" подходе строится в рамках мезонной теории с учетом экспериментальных данных по πN -взаимодействию и имеет вид [2 — 4]

$$T_{12} = t_{12}^0 + t_{12}'$$

где t_{12}^0 — сумма одночастичных операторов поглощения, а t_{12}' — сугубо двухчастичный оператор, учитывающий рассеяние мезона на одном нуклоне пары до поглощения его вторым (эффект перерассейния).

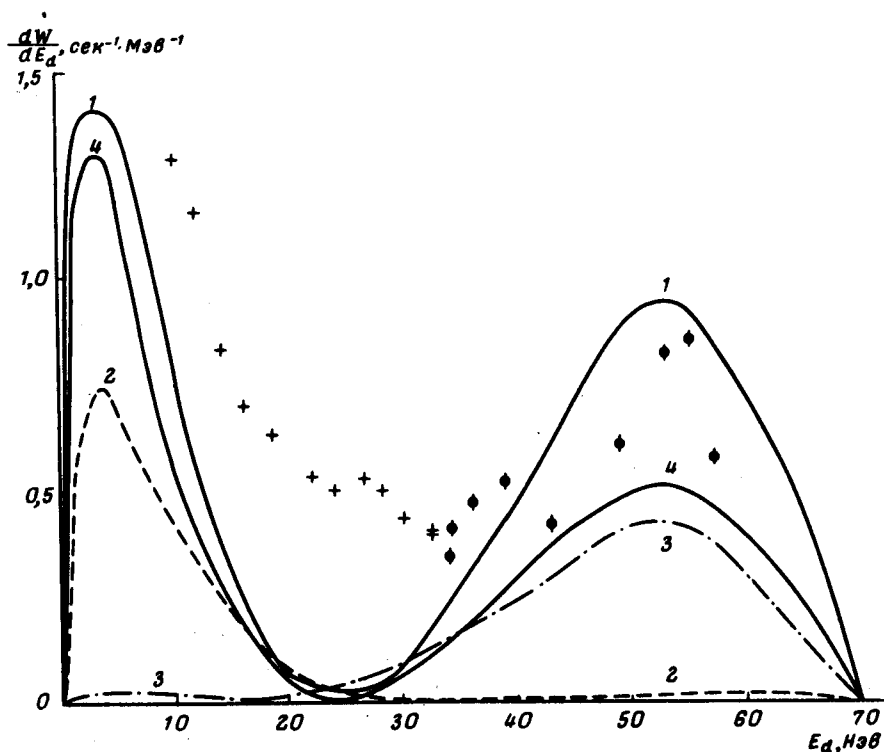
Эффект перерассейния в случае остановившихся π^- -мезонов в реакциях (π^- , nn) исследовался в ряде работ [2, 3, 5, 6]. При этом рассмотрение велось в области малых переданных импульсов, и оказалось, что учет эффекта перерассейния приводит, как правило, к увеличению, примерно на порядок, вероятности реакции (π^- , NN). Естественно возникает вопрос выяснения роли эффекта перерассейния при больших переданных импульсах. В этой области кинематических переменных энергии вылетевших в реакции нуклонов становятся сравнимыми с энергиями отделения нуклонов и поэтому обменными эффектами вылетевших нуклонов с нуклонами остаточного ядра уже нельзя пренебречь и следует их принимать во внимание. Эти вопросы в данной работе исследуются нами на примере реакции ${}^4\text{He}(\pi^-, nn)d$.

Выбор этого примера обусловлен тем, что, во-первых, для ядра ${}^4\text{He}$ существуют волновые функции учитывающие корреляции, в том числе короткодействующие парные корреляции, и дающие правильные значения для энергии связи и размеров ядра; во-вторых, недавно появились экспериментальные работы [9, 10], где вероятность рассматриваемой реакции измерялась, как функция энергии отдачи дейтрона при больших энергиях вплоть до максимальной, которым соответствуют большие переданные импульсы.

В качестве волновых функций ядра ${}^4\text{He}$ нами брались вариационные волновые функции, полученные в работах [7], одна из этих функций соответствует потенциалу NN -взаимодействия с жесткой отталкивающей сердцевиной $-\Phi_h$, а вторая — зависящему от скорости потенциалу $-\Phi_v$. Эти функции использовались нами раньше в расчетах реакций (π^-, nn) и (γ, pr) на ядре ${}^4\text{He}$ [8]. В этой работе было показано, что, при пренебрежении эффекта перерасеяния, взаимодействие в конечном состоянии между вылетевшими нуклонами для величины вероятности не играет существенной роли, хотя несколько меняет форму распределения по относительным энергиям вылетевших нуклонов. Поэтому при выяснении относительной роли эффектов перерасеяния и обмена между всеми нуклонами в конечном состоянии, мы пренебрегаем взаимодействием между вылетевшими нуклонами, также как и взаимодействием вылетевших нуклонов с остаточным дейтроном. Волновая функция дейтрона берется в виде гауссовской функции, параметры которой определялись из размеров дейтрона. В качестве оператора T_{12} бралось выражение, полученное в работе [3], которое учитывает перерасеяние S -волнового π -мезона на нуклоне и соответствующее поглощению π -мезона с $1S$ -орбиты мезоатома.

Результаты расчетов вероятности, как функция энергии отдачи дейтрона приведены на рисунке в виде кривых. Заметим, что в данной работе, как и в работе [8] при получении вероятности реакции, учитывалось число pr -пар, поглощающих π -мезон и равное четырем. Здесь же приведены экспериментальные данные, взятые из работы [10]. Как видно из рисунка эффект перерасеяния существенен в области малых переданных импульсов, а при больших переданных импульсах он пренебрежим. Что касается обменного эффекта, как и следовало ожидать, он существенен именно в этой области импульсов. В результате получаем, что учет эффекта перерасеяния приводит к увеличению полной вероятности поглощения только в два раза. Этот результат важен с точки зрения вопроса сходимости ряда многократного рассеяния при поглощении π -мезона парой нуклонов в реакции (π^-, nn) , так как он указывает, что учет следующего члена перерасеяния в T_{12} не должен приводить к существенному увеличению полученной выше полной вероятности реакции. Если же судить о сходимости этого ряда по результатам полученным в работе [3] в случае реакции ${}^4\text{He}(\pi^-, nn)d$ роли эффекта перерасеяния только при малых переданных импульсах, то может создаться впечатление, что ряд многократного рассеяния не будет сходиться, так как учет перерасеяния в первом порядке приводит к увеличению величины вероятности примерно на порядок величины. Из ри-

сунка видно также, что одновременный учет эффектов перерасcеяния и обмена нуклонов в конечном состоянии объясняет наличие двух максимумов в экспериментальном распределении по энергиям отдачи [10] и величину отношения вероятностей в максимумах. Как показали расчеты, вероятность реакций оказалась практически независимой от учета движения центра масс пары в операторе поглощения $T_{1,2}$, что заранее не является очевидным в области больших переданных импульсов.



Распределение по энергии отдачи дейтрона в реакции ${}^4\text{He}(\pi^-, nn)d$, кривые 1, 2, и 3 — соответствующие функции Φ_n , кривая 4 — функция Φ_v ; кривая 1 — с учетом эффектов перерасcеяния и обмена, кривая 2 — с учетом только эффекта перерасcеяния, кривая 3 — только эффекта обмена. Экспериментальные точки [10] — в произвольных единицах

Как видно из рисунка, волновые функции ядра ${}^4\text{He}$, соответствующие потенциалу NN -взаимодействия с твердой отталкивающей сердцевиной и зависящему от скорости потенциалу, приводят к несколько отличным результатам для распределения вероятности по энергиям отдачи дейтрона. При этом предпочтение следует отдать первой из этих функций.

Полученные выше результаты позволяют сделать заключение о том, что эффект перерасcеяния играет существенную роль в реакции (π^-, nn) ,

только при малых переданных импульсах, и, что учет обменного эффекта в конечном состоянии приводит к возрастанию вероятности реакции при больших переданных импульсах.

Тбилисский
государственный университет

Поступила в редакцию
7 апреля 1975 г.

Литература

- [1] D.S.Koltun. Ad. Nucl. Phys., 3, Plenum Press, N.-Y., L., 1969;
Т.И.Копалейшвили. ЭЧАЯ, 2, вып., 2, 1971. Материалы IV Междунар. конф.
по физике выс. энергий и струк. ядра, Дубна, 7-11 сентября,
1971, Дубна, 1972.
- [2] D.S.Koltun, A.Reitan. Phys. Rev., 141, 1413, 1966.
- [3] D.S.Koltun, A.Reitan. Nucl. Phys., B4, 629, 1968.
- [4] I.T.Cheon, A.Tahsaki. Nucl. Phys., B6, 586, 1968; П.Т.Cheon, J.Cugnon.
Nucl. Phys., B66, 412, 1973.
- [5] Т.И.Копалейшвили, J.Z.Machabeli. Nucl. Phys., A160, 204, 1971.
- [6] Т.И.Копалейшвили, И.З.Мачабели, М.Ш.Чачхунашвили. ЯФ, 13, 300, 1971.
- [7] R.C.Herndon, E.W.Shmid, I.C.Tang. Nucl. Phys., 42, 111, 1963;
E.W.Shmid, I.C.Tang, R.C.Herndon. Nucl. Phys., 42, 248, 1963.
- [8] Т.И.Копалейшвили, И.З.Мачабели. ЯФ, 2, 978, 1965; Изв. АН СССР,
сер. физ; 30, 511, 1966.
- [9] К.О.Н. Ziock, С. Chernigoi, G. Gorini. Phys. Lett., 33B, 471, 1970.
- [10] К.И. Barrett, I. Mc Carthy, К.С. Minehart, К.О.Н. Ziock. Nucl. Phys., A216,
145, 1973.
-