

РЕАКЦИЯ $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ И АНОМАЛЬНЫЙ ВКЛАД P -ВОЛНЫ В СИСТЕМЕ $\bar{\Lambda}\Lambda$ ВБЛИЗИ ПОРОГА

О.Д.Далькаров, К.В.Протасов

Экспериментально наблюдавшийся эффект аномально большого P -волнового усиления в реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ в области энергий около порога $\bar{\Lambda}\Lambda$ объяснен теоретически существованием квазидерных уровней в системе $\bar{\Lambda}\Lambda$.

В недавнем эксперименте ¹, выполненном на LEAR (накопитель медленных антипротонов в ЦЕРН'е) были обнаружены резкая асимметрия в угловом распределении $\bar{\Lambda}$ (рис. 1) и поведение k^3 (k – относительный импульс в ЦМ Λ и $\bar{\Lambda}$) сечения реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ (рис. 2) при совсем малых $k \approx 45$ МэВ/с (что соответствует кинетической энергии ϵ в системе $\bar{\Lambda}\Lambda$ $\epsilon \approx 2$ МэВ). Эти экспериментальные данные указывают на значительную роль P -волны в орбитальном движении $\bar{\Lambda}$ и Λ , сравнимую с вкладом S -волны в области импульсов k , где ожидаемый вклад P -волны в сечение реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ не должен был бы превышать по простым барьерным оценкам 1% этого сечения. Если вычислить по этим барьерным оценкам радиус $\bar{\Lambda}\Lambda$ взаимодействия в предположении, что P -волна составляет лишь 10% указанного сечения, то он окажется очень большим – 3 Фм, равным радиусу ядра ¹²C. В этой связи следует напомнить, что аналогичное явление (аномально большой вклад P -волны) наблюдалось ранее в поведении сечений $\bar{p}p$ -взаимодействия вблизи $\bar{p}p$ -порога ². При этом вся совокупность имеющихся экспериментальных данных по $\bar{p}p$ -взаимодействию вблизи порога была описана в реалистической модели связанных каналов ³. Естественным следствием применения этой модели к описанию экспериментальных данных явилось предсказание спектра достаточно узких ($\Gamma \lesssim 50 \div 80$ МэВ) вблизипороговых квазидерных P -состояний в системе $\bar{N}N$, существование которых и обуславливает аномально большой вклад P -волны в $\bar{p}p$ -взаимодействие во вблизипороговой области.

В настоящей работе мы предлагаем нерелятивистскую модель четырех связанных каналов для описания процесса $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ около порога $\bar{\Lambda}\Lambda$. Каналы 1 и 2 соответствуют $\bar{p}p$ и $\bar{\Lambda}\Lambda$ системам с реалистическим взаимодействием типа ОВЕР ⁴. Выбор типа обрезания потенциала ($V(r < r_c) = 0$) и величин радиусов обрезания r_c был взят из работ ^{3, 5}. Каналы 3 и 4 соответствуют аннигиляционному взаимодействию в системах $\bar{p}p$ и $\bar{\Lambda}\Lambda$ соответственно. Эти каналы аппроксимировались двумя невзаимодействующими частицами с массами равными массам ρ -мезона и K^* -мезона. Связь между каналами $\bar{B}B$ ($B \equiv p, \Lambda$) и аннигиляционными каналами осуществлялась с помощью локальных потенциалов юкавского типа, кон-

станты перед которыми были положены равными для каналов 3 и 4 и были взяты из работы ³ (аналогично тому как выбирался радиус для переходного потенциала из системы $\bar{p}p$, в случае потенциала, связывающего канал 4 с системой $\bar{\Lambda}\Lambda$, соответствующий аннигиляционный радиус был положен равным $r_a = 1/2M_\Lambda \approx 0,09$ Фм, M_Λ — масса Λ -гиперона). Связь между каналами 3 и 4, $\bar{p}p$ и 4, $\bar{\Lambda}\Lambda$ и 3 отсутствует (физическая причина этого состоит в том, что вклад странных частиц в аннигиляцию $\bar{p}p$ не превышает 10% ⁶, в то время как для аннигиляции $\bar{\Lambda}\Lambda$ каналы с участием странных частиц должны быть доминирующими). Помимо этого, можно аналитически показать, что наличие сильного взаимодействия между аннигиляционными каналами приводит к уменьшению сечения аннигиляции в N_B раз, где N_B — число сортов барионов, рассматриваемых в задаче (подробное обсуждение этого эффекта будет дано в другой работе). Связь между каналами $\bar{p}p$ и $\bar{\Lambda}\Lambda$ осуществляется с помощью потенциала $V(\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda)$, соответствующего обмену мезонами K и K^* (константы связи взяты из ⁴). Единственным варьируемым параметром модели является радиус обрезания потенциала $V(\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda)$. Для описания экспериментальных данных были использованы следующие значения радиусов обрезания: $r_c(^1S_0) = r_c(^3S_1) = 1,0$ Фм, $r_c(^3P_0) = r_c(^3P_2) = 1,3$ Фм, $r_c(^1P_1) = 1,4$ Фм, $r_c(^3P_1) = 1,5$ Фм. В расчетах учтен только вклад S - и P -волн.

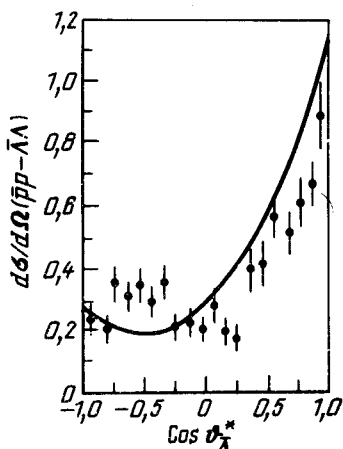


Рис. 1

Рис. 1. Дифференциальное сечение реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ как функция косинуса угла вылета $\bar{\Lambda}$ в СЦМ при $\epsilon = 3,6$ МэВ.

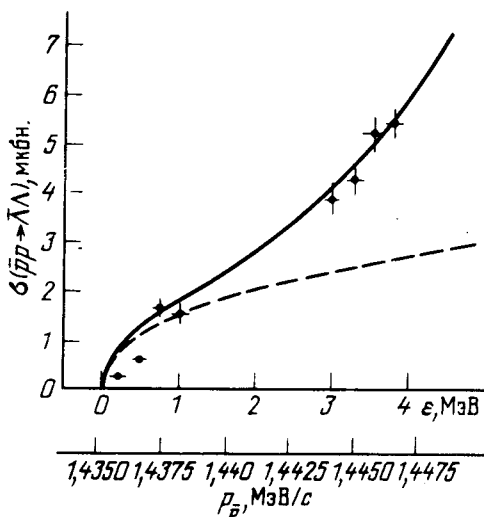


Рис. 2

Рис. 2. Полное сечение реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ как функция кинетической энергии $\bar{\Lambda}$ и импульса налетающего антипротона в лабораторной системе. Сплошная кривая — полное сечение, пунктирная — вклад S -волн

На рис. 1 показано вычисленное дифференциальное сечение реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$ в сравнении с экспериментальными данными при кинетической энергии в системе $\epsilon = 3,6$ МэВ. Видно, что теоретическая кривая правильно передает основную качественную особенность — резкую направленность вперед в угловом распределении $\bar{\Lambda}$ ($\bar{\Lambda}$), обусловленную существенным вкладом P -волн. Некоторое отличие теоретической кривой от экспериментальных данных в области больших углов ($\theta > 90^\circ$) может быть обусловлено вкладом D -волн, не учтенных в этих расчетах. На рис. 2, сплошной кривой показано вычисленное полное сечение реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$. Пунктирная кривая соответствует вкладу S -волн в сечение процесса. Видно, что в области импульсов $k \approx 50 \div 60$ МэВ/с ($\epsilon \approx 3 \div 4$ МэВ) P -волна составляет примерно половину указанного сечения.

Обнаруженное на эксперименте и полученное в данной работе значительное усиление вклада P -волн в системе $\bar{\Lambda}\Lambda$ должно быть обусловлено теми же причинами, что и в рассмотренном ранее ³ случае $\bar{p}p$ -взаимодействия вблизи порога $\bar{N}N$. Для выяснения этого вопроса мы исследовали спектр P -волновых квазидерных резонансов в системе $\bar{\Lambda}\Lambda$. Одно из P -состояний, вносящее существенный вклад в P -волновую часть амплитуды процесса $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$, имеет следующие параметры: масса — 2237 МэВ, полная ширина — 8 МэВ, аннигиляционная ширина — 2,5 МэВ, отношение ширины по каналу $\bar{\Lambda}\Lambda$ к полной ширине — 0,7, полный момент — 1, спин — 1, пространственно и зарядово четно. Вместе с тем аннигиляционное сечение $\bar{\Lambda}\Lambda$ оказывается столь же большим, что и в канале $\bar{N}N$. На рис. 3 показана поляризация $\Lambda(\bar{\Lambda})$ в реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$. Наблюдение поляризации на эксперименте свидетельствует в пользу существования триплетных P -состояний в системе $\bar{\Lambda}\Lambda$ вблизи порога. Обращает на себя внимание малая полная ширина P -волнового резонанса и большая упругость по каналу $\bar{\Lambda}\Lambda$. Это означает, что P -волновые состояния могут проявляться как узкие состояния в системах $K\bar{K} + \pi\pi$.

Авторы выражают искреннюю благодарность И.С.Шапиро за постановку задачи и полезные обсуждения и К.Киляну за предоставление экспериментальных данных.

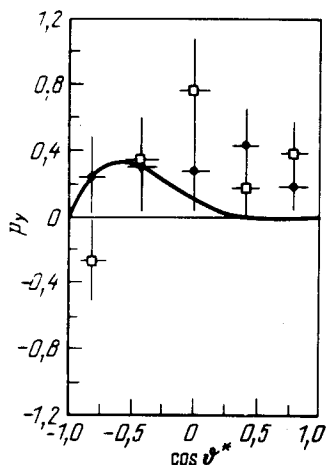


Рис. 3. Поляризация $\bar{\Lambda}$ (\circ) и Λ (\bullet) как функция косинуса угла в ЦМ при $\epsilon = 3,6$ МэВ

Литература

1. Kilian K. Invited talk at XI International Conference "PANIC-87", April 20 – 24, 1987, Tokyo.
2. Brückner W. et al., Phys. Lett., 1985, **158B**, 180; 1986, **166B**, 113; 1986, **169B**, 302.
3. Dalkarov O.D., Protasov K.V., Shapiro I.S. Preprint P.N.Lebedev Physical Institute, 1987; Shapiro I.S. Invited talk at XI International Conference "PANIC-87", April 20 – 24, 1987, Tokyo.
4. Nagels M.M., Rijken T.A., de Swart J.J. Phys. Rev., 1979, **D20**, 1633.
5. Тянаев Р.Т., Шапиро И.С. Письма в ЖЭТФ, 1983, **37**, 291.
6. Gelfand N. Symposium on nucleon-antinucleon interactions, Illinois, 9 May, 1968, 4.