

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

017/2-81

9/II-81

P1-80-697

А.И.Аношин, В.Б.Любимов, М.К.Сулейманов

ИНКЛЮЗИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ РОЖДЕНИЯ ИЗОБАР
В $\pi^{-12}\text{C}$ - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ $P_{\pi^{-}} = 40$ ГэВ/с

Направлено в ЯФ

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Продолжены исследования спектров эффективных масс /СЭМ/ ($\pi^{\pm}p$) - пар в $\pi^{-}C$ -взаимодействиях при $P_{\pi^{-}} = 40$ ГэВ/с, отобранных на снимках с двухметровой пропановой камеры. Анализ этих спектров позволил получить указание на рождение изобар с массой $m < 2$ ГэВ/с² и сечением заметно большим, чем в $\pi^{-}p$ -взаимодействиях при той же энергии налетающего π^{-} -мезона^{/1/}. Анализ СЭМ по материалам^{/1/} с помощью модифицированного Фурье-алгоритма выявил наличие Δ^{++} и Δ° изобар с массами 1,232 и 1,650 ГэВ/с²/2/.

В настоящей работе с помощью стандартного метода аппроксимации СЭМ выражением, описывающим зависимость фона, фазового пространства и распределений Брейта-Вигнера от m , получены оценки инклюзивных поперечных сечений ($\sigma_{\text{инкл}}$) рождения этих резонансов. Анализировались СЭМ, опубликованные в работе^{/1/}. Подробности экспериментальной методики можно найти в этой работе и в ссылках к ней. Отметим только, что для анализа было использовано 8642 неупругих $\pi^{-}C$ -столкновений, в которых не учитывались взаимодействия с квазисвободными нуклонами ядра углерода*. Кроме этого, для проверки методики определения $\sigma_{\text{инкл}}$ проанализировано 11688 неупругих $\pi^{-}p$ -взаимодействий при той же энергии первичного π^{-} -мезона. Протоны в исследованных событиях идентифицировались в области импульсов $140 \leq P_p \leq 700$ МэВ/с.

Для получения оценок $\sigma_{\text{инкл}}$ применялось выражение /3/:

$$\frac{dN}{dm} = \exp(-\alpha m + \beta m^2) [Aq + Bf_{\text{BW}}(1232) + Cf_{\text{BW}}(1650)], \quad /1/$$

где A, B, C соответственно определяют вклады фона и изобар $\Delta(1232)$ и $\Delta(1650)$, q - импульс частицы, испускаемой при двухчастичном распаде частицы с массой m в системе покоя последней,

$$f_{\text{BW}} = \frac{m_0 m \Gamma}{(m^2 - m_0^2)^2 + m_0^2 \Gamma^2} \quad /2/$$

* Отобранные взаимодействия соответствуют сечению $87,5 \pm 1,0$ мб.

- распределение Брейта-Вигнера, здесь m_0 - масса покоя изобара, Γ - ширина, зависящая от массы:

$$\Gamma = \Gamma_0 \left(\frac{q}{q_0} \right)^{2\ell + 1} \frac{\rho(m)}{\rho(m_0)}, \quad /3/$$

где Γ_0 - центральная ширина резонанса, ℓ - орбитальный угловой момент распада и $\rho(m)$ - поправочный множитель, выбранный, как и в /3/, в виде:

$$\rho(m) = (m^2 - q^2)^{-1}. \quad /4/$$

В табл.1 приведены значения m_0 , Γ_0 , ℓ для изобар $\Delta(1232)$ и $\Delta(1650)$, взятые для аппроксимации СЭМ на основании /4/. Параметры α, β, A, B, C в /1/ определялись методом наименьших квадратов /МНК/.

Таблица 1

Изобара	$m_0 / \text{ГэВ} \cdot \text{с}^{-2} /$	$\Gamma_0 / \text{ГэВ} \cdot \text{с}^{-2} /$	ℓ
$\Delta(1232)$	1,232	0,115	1
$\Delta(1650)$	1,650	0,140	0

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Как уже отмечалось, с целью проверки методики определения $\sigma_{\text{инкл}}$ было проанализировано 11688 π^-p -взаимодействий. В работе /2/ получено указание на рождение изобар $\Delta(1650)$ в этих взаимодействиях, однако МНК дает отрицательные значения коэффициента C в выражении /1/ как для Δ^0 , так и для Δ^+ . Поэтому было принято, что $C=0$, и $\sigma_{\text{инкл}}$ определялось только для $\Delta(1232)$. Результаты приведены в табл.2. В первой строке этой таблицы указаны числа (πp) -пар ($n(\Delta)$), образующих изобары, во 2-й строке - значения χ^2 и число степеней свободы ν , в 3-й - отношения $n(\Delta)$ к числу $n(\pi p)$ всех (πp) -пар, входящих в СЭМ в диапазоне $1,078 \leq m \leq 4,875 \text{ ГэВ}/\text{с}^2$, в 4-й - значения $\sigma_{\text{инкл}}$, в последней - величина отношения $\Gamma = n(\Delta) / n(\Delta)_L$, где $n(\Delta)_L$ - число (πp) -пар, образующих изобары, в которое не включались пары с лидирующими π -мезонами /5/.

Величина ошибки в приводимых здесь и ниже значениях $\sigma_{\text{инкл}}$ не учитывает неопределенность, вносимую функцией разрешения, выбором фона и формы $\Gamma_{\text{ВВ}}$ -распределения. Видно, что полученная нами величина $\sigma_{\text{инкл}}$ для рождения изобары $\sigma(1232)$, скорее

всего, по указанным методическим причинам оказалась меньше найденной в других экспериментах. Так, величина $\sigma_{\text{инкл}}$ в реакции $\pi^- + p \rightarrow \Delta^{++}(1232) + \dots$ при $P_{\pi^-} = 16$ ГэВ/с составила $12,00 \pm 0,13$ мб^{1/8}; при $P_{\pi^-} = 100, 200$ и 360 ГэВ/с $1,20 \pm 0,06$, $1,11 \pm 0,04$ и $1,25 \pm 0,03$ мб соответственно^{1/8}; при $P_{\pi^-} = 200$ ГэВ/с для $-t_{p \rightarrow \Delta} < 0,6$ ГэВ/с² и $1,12 < m(\pi p) < 1,36$ ГэВ/с² $\sigma_{\text{инкл}} = 10,8 \pm 0,1$ мб^{1/7}. Ранее, в условиях нашего эксперимента, но при значительно меньшей статистике $\pi^- p$ -событий была получена верхняя оценка, составившая $10,9 \pm 0,4$ мб^{1/8}.

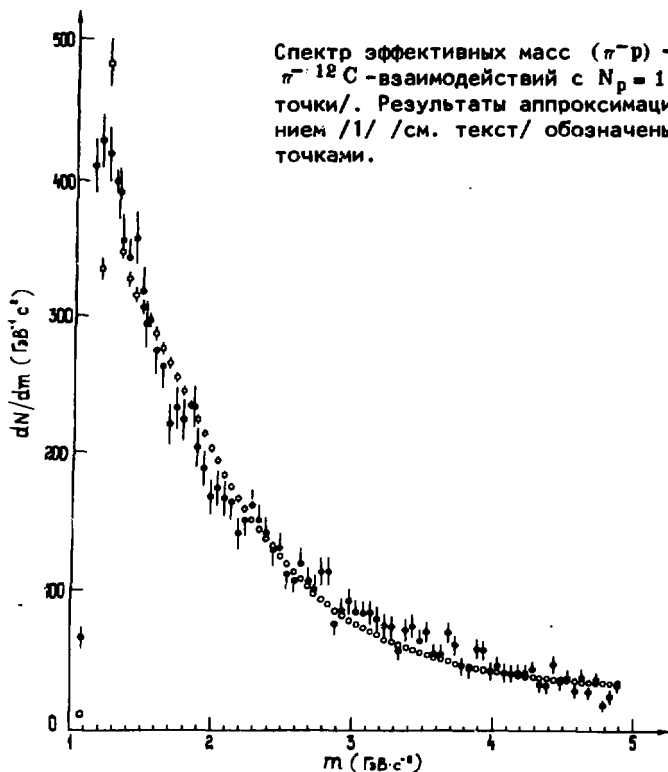
Если генерация изобар происходит преимущественно через однонионный обмен, то отношение сечений рождения $\Delta^{++}(1232)$ и $\Delta^0(1232)$ должно быть равно 9. Как видно из табл. 2, $\sigma_{\text{инкл}}$ обеих изобар оказались близкими по величине. Отличие указанного отношения от 9 может быть связано с тем, что в число неупругих $\pi^- p$ -взаимодействий входят взаимодействия с "квазисвободными" протонами ядра углерода, для которых не исключена возможность рождения изобар по другим каналам.

Таблица 2

Изобара	$\Delta^0(1232)$	$\Delta^{++}(1232)$
$n(\Delta)$	245 ± 45	176 ± 41
χ^2/ν	$142/73$	$78/73$
$n(\Delta)/n(\pi p)$	$0,042 \pm 0,006$	$0,05 \pm 0,01$
$\sigma_{\text{инкл}}$ /мб/	$0,45 \pm 0,08$	$0,32 \pm 0,08$
r	$1,1 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ $\pi^-^{12}\text{C}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Анализ СЭМ ($\pi^+ p$) пар в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях проводился по формуле /1/. Отдельно были исследованы события с разной множественностью идентифицированных протонов N_p . Коэффициент C оказался меньшим 0 для Δ^0 изобары при всех N_p и для Δ^{++} при $N_p = 3$. В этих случаях для коэффициента C принималось значение $C=0$. В качестве примера на рисунке показан СЭМ для ($\pi^- p$) -пар из $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействий с $N_p = 1$ /черные точки/ вместе с результатами аппроксимации по формуле /1/ /светлые точки/.



Спектр эффективных масс (π^-p) -пар из $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействий с $N_p = 1$ /черные точки/. Результаты аппроксимации выражением /1/ /см. текст/ обозначены светлыми точками.

Результаты аппроксимации МНК по всей совокупности исследуемых взаимодействий приведены в табл.3-5. Обозначения в этих таблицах такие же, как и в табл.2.

Как видно из таблиц, с ростом N_p вероятность генерации $\Delta^0(1232)$ возрастает, а вероятность генерации $\Delta^{++}(1232)$ падает /табл.4/, хотя $\sigma_{\text{инкл}}$ находятся приблизительно на одинаковом уровне /табл.5/, причем сечения генерации нейтральных изобар $\Delta^0(1232)$ существенно превосходят сечения генерации заряженных $\Delta^{++}(1232)$ /табл.5/. Вероятность генерации всех рассмотренных изобар возрастает в событиях с $N_p \geq 4$ /табл.4/.

Необходимым условием надежности примененной методики анализа СЭМ является равенство единице величины:

$$R = \frac{1}{n(\Delta)} \cdot \sum_{N_p=1}^{N_p \geq 4} n_{N_p}(\Delta).$$

Таблица 3

N_p	Изобара	$\Delta^0(1232)$	$\Delta^{++}(1232)$	$\Delta^{++}(1650)$
1	$n(\Delta)$	655+80	304+64	228+82
	χ^2/ν	331/73	169/72	
2	$n(\Delta)$	1022+106	337+70	126+88
	χ^2/ν	562/73	279/72	
3	$n(\Delta)$	766+100	122+56	-
	χ^2/ν	390/73	174/73	-
≥ 4	$n(\Delta)$	568+101	305+62	127+52
	χ^2/ν	332/73	158/72	
≥ 1	$n(\Delta)$	3268+195	980+124	399+151
	χ^2/ν	1444/73	645/73	

Таблица 4

$n(\Delta)/n(\pi p)$			
N_p	$\Delta^0(1232)$	$\Delta^{++}(1232)$	$\Delta^{++}(1650)$
1	0,060+0,006	0,027+0,006	0,020+0,006
2	0,071+0,006	0,024+0,004	0,009+0,006
3	0,09+0,01	0,014+0,006	0
≥ 4	0,12+0,02	0,07+0,01	0,03+0,01

где $n(\Delta)$ - число (πp) -пар, образующих изобары во всех $\pi^{-18}\text{C}$ -взаимодействиях, $n_{N_p}(\Delta)$ - число этих пар в событиях с числом протонов N_p . В пределах экспериментальных ошибок величина R оказалась близкой к единице для всех рассматриваемых изобар /1-я строка табл.6/. Величины во второй строке табл.6 имеют тот же смысл, что и в последней строке табл.2. Эти величины

Таблица 5

N_p	$\sigma_{\text{инкл}} / \text{мб/}$		
	$\Delta^0(1232)$	$\Delta^{++}(1232)$	$\Delta^{++}(1650)$
1	$6,6 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,7$	$2,3 \pm 0,8$
2	10 ± 1	$3,4 \pm 0,7$	$1,3 \pm 0,9$
3	8 ± 1	$1,2 \pm 0,6$	-
≥ 4	6 ± 1	$3,1 \pm 0,6$	$1,3 \pm 0,5$
≥ 1	31 ± 2	11 ± 1	5 ± 1

Таблица 6

Изобара	$\Delta^0(1232)$	$\Delta^{++}(1232)$	$\Delta^{++}(1650)$
R	$0,93 \pm 0,08$	$1,1 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,7$
r	$1,03 \pm 0,08$	$0,9 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,9$

в пределах ошибок не отличаются от единицы как для $\pi^- \text{C}$ -взаимодействий /табл.6/, так и для $\pi^- \text{p}$ -взаимодействий /табл.2/. Это означает, что лидирующие π -мезоны не образуются от распада изобар.

4. ВЫВОДЫ

Аппроксимация спектров эффективных масс (πp)-пар в $\pi^- \text{C}$ -взаимодействиях распределением /1/ позволила получить следующие оценки инклюзивных поперечных сечений рождения изобар:

$$\sigma_{\Delta^0(1232)} = /31 \pm 2/ \text{ мб}, \sigma_{\Delta^{++}(1232)} \approx /11 \pm 1/ \text{ мб}, \sigma_{\Delta^{++}(1650)} = /5 \pm 1/ \text{ мб}.$$

Отношение сечений $\sigma_{\Delta^{++}(1232)}$ и $\sigma_{\Delta^0(1232)}$ указывает на присутствие механизма генерации этих изобар, отличающегося от модели однопионного обмена. Эксперимент, однако, не позволяет сделать аналогичного вывода относительно генерации изобар $\Delta(1650)$. Вероятность рождения $\Delta^0(1232)$ возрастает с ростом числа испущенных протонов N_p , в то время как вероятность рождения $\Delta^{++}(1232)$ в этих условиях падает. Для изобары $\Delta^{++}(1650)$

намечается падение вероятности с ростом N_p до значения $N_p = 3$. Наибольшая вероятность генерации всех указанных изобар наблюдается в событиях с $N_p \geq 4$.

Рождающимся изобарам не передается столь большой импульс, чтобы пионы от их распада входили в состав лидирующих.

Авторы благодарны коллективу Сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой пузырьковой камеры за помощь в получении экспериментальной информации и полезные обсуждения, В.В.Ужинскому - за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, P1-80-313, Дубна, 1980.
2. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, P1-80-574, Дубна, 1980.
3. Bartke I. et al. Nucl.Phys., 1978, B137, p. 89.
4. Review of Particle Properties. Rev.Mod.Phys., 1976, 48, No.2, part II.
5. Аношин А.И. и др. ЯФ, 1978, 27, с.1001.
6. Higgins P.D. et al. Phys.Rev.D, 1979, 19, p.731.
7. Bingham H.H. et al. Preprint 750527, LBL-3855, 1975.
8. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, P1-9810, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 октября 1980 года.