

Т-666

1-89-843

**ТРЕТЬЯК
Виктор Иванович**

**УДК 539.125.46
539.171.016
539.172.6**

**ИЗУЧЕНИЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АНТИПРОТОНОВ
С ЯДРАМИ ГЕЛИЯ
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ
ОТ 0 ДО 180 МэВ**

**Специальность: 01.04.16 - физика ядра
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук

Ю.А. Батусов

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
доктор физико-математических наук

И.М. Граменицкий
В.А. Шебанов

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР, Москва.

Защита диссертации состоится " 8 " февраля 1990 г.
в 11 часов на заседании специализированного Совета Д.047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных
исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.
Автореферат разослан " 6 " января 1990 г.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук

Ю.А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Запуск в 1983 году нового накопительно-ускорительного комплекса LEAR в ЦЕРН, впервые обеспечившего высокоинтенсивные монохроматические пучки антипротонов низких энергий, придал новый импульс исследованиям взаимодействий антипротонов в низкоэнергетической области. До этого времени антипротон-ядерное взаимодействие было изучено довольно слабо.

Изучение взаимодействия антипротонов низких энергий с ядрами актуально как с точки зрения ядерной физики, так и физики элементарных частиц. При аннигиляции медленного антипротона на нуклоне в ядре, в небольшом объеме выделяется почти 2 ГэВ энергии с малым переданным импульсом. Большой интерес вызывает вопрос, как на это реагирует ядро. При этом возможно проявление новых неизученных феноменов типа фajerболов, мультифрагментации, мультипионного взаимодействия. С другой стороны, исследование антипротон-ядерного взаимодействия может пролить свет и на механизм антипротон-нуклонного взаимодействия, в частности, они являются важным источником сведений об $\bar{p}n$ -взаимодействии. Фундаментальное значение имеет вопрос о том, какое влияние оказывает на процесс аннигиляции ядерная среда. Представляет большой интерес поиск и исследование аннигиляции антипротона на нескольких нуклонах ядра, ожидается, что в этих редких процессах существенную роль играют кварковые степени свободы.

Для выявления механизма антипротон-ядерного взаимодействия, а также для прогресса в изучении элементарного $\bar{p}N$ -взаимодействия важны исследования именно лёгких ядер, таких как ${}^4\text{He}$. Гелий - компактная ядерная система, характеризующаяся большой энергией связи нуклонов, и поэтому, обусловленные наличием этой связи эффекты, если они существуют, наиболее ярко должны здесь проявляться. С другой стороны, в лёгких ядрах механизм взаимодействия менее всего маскируется вторичными процессами.

Целью диссертационной работы является изучение основных характеристик взаимодействия антипротонов низких энергий с ядрами гелия: определение множественностей заряженных частиц, измерение сечений неупругого взаимодействия и упругого рассеяния, определение

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

сечения безаннигиляционного развала и исследование изоспиновой зависимости аннигиляции.

Научная новизна и практическая ценность. Результаты, составившие основу диссертации, получены в эксперименте PS-179 ЦЕРН. До этого эксперимента взаимодействие антипротонов с гелием было совершенно не изучено. Сечения неупругого взаимодействия, дифференциальное сечение упругого рассеяния, множественности, относительные выходы различных каналов реакции – все эти экспериментальные результаты были получены впервые. Они представляют практическую ценность для планирования будущих экспериментов по изучению характеристик антипротон-ядерного взаимодействия и для построения теории, адекватно описывающей эти взаимодействия. В частности для развития теории антинуклон-нуклонного взаимодействия может быть полезно экспериментальное указание на сильную изоспиновую зависимость аннигиляции в высших парциальных волнах.

Апробация и публикации. Результаты диссертационной работы представлялись на Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий (Дубна, 1988), на IX Международной конференции по частицам и ядрам (Киото, 1987) и на Международной конференции по малочастичным системам (Фонтевро, 1987), докладывались на научных конференциях ОЯФ АН СССР (Москва, 1987 и 1988 гг.) и на научных семинарах ЛЯП ОИЯИ. По материалам диссертации опубликовано 7 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 92 наименования. Объем диссертации 96 страниц, включая 27 рисунков и 15 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко перечислены основные известные свойства антипротон-нуклонного и антипротон-ядерного взаимодействия, обоснована актуальность темы, изложена структура диссертации.

Первая глава диссертации посвящена методическим вопросам. В ней рассматривается экспериментальная установка, характеристики работы стримерной камеры, описывается способ получения антипротонных пучков на LEAR в CERN.

Экспериментальная установка включает в себя стримерную камеру,

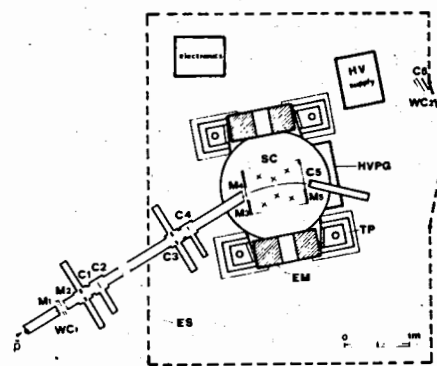


Рис.1. Схема экспериментальной установки. SC – стримерная камера, EM – электромагнит, C – сцинтилляционные счетчики, WC – проволоочные камеры, M – тонкие стенки, HVPG – импульсный генератор высокого напряжения, TP – платформа для перемещений.

электромагнит и триггерную систему, состоящую из сцинтилляционных счетчиков. Её схема приведена на рис.1. Стримерная камера размерами $90 \times 70 \times 18$ см³ наполнялась гелием при атмосферном давлении. Величина магнитного поля устанавливалась равной 0,2 Тл, 0,415 Тл, 0,63 Тл или 0,8 Тл в зависимости от величины импульса пучковых антипротонов. Фотографирование объема камеры производилось двумя фотоаппаратами. Сигнал запуска вырабатывался каждый раз, когда пучковый антипротон проходил через сцинтилляционные счётчики C₂ и C₄, минуя "живые" коллиматоры C₁ и C₃ на входе в камеру, и не попадал в сцинтилляционный счётчик C₅ на выходе из камеры. На каждом снимке наблюдался, как правило, один пучковый антипротон.

К достоинствам камеры следует отнести малую плотность наполняющего ее газа (толщина мишени равна 15 мг/см² при наполнении гелием-4). Благодаря этому в ней можно детектировать треки очень медленных частиц. Так, хорошо заметные следы длиной 1 см в камере имеют протоны с энергией 170 кэВ и α-частицы с энергией 300 кэВ.

Успешное осуществление эксперимента стало возможным благодаря наличию интенсивного ($\approx 10^5$ антипротонов в секунду), монохроматического ($\Delta p/p \approx 10^{-3}$) пучка антипротонов LEAR, поперечные размеры которого на входе в камеру составляли порядка 1 см.

Во второй главе рассматриваются вопросы, связанные с определением множественностей заряженных частиц в $\bar{p}^4\text{He}$, $\bar{p}^3\text{He}$ взаимодействиях и сечений взаимодействия медленных антипротонов с ядрами ^4He .

В результате просмотра ≈ 90000 кадров фотопленки, содержащей события взаимодействия антипротонов в газе стримерной камеры, были определены множественности заряженных частиц во взаимодействии

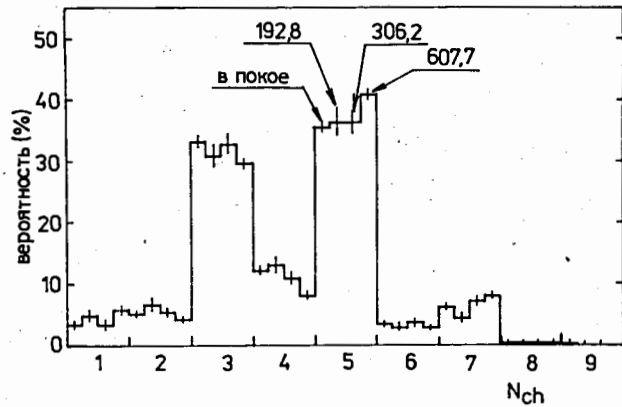


Рис.2. Распределение по множественности заряженных частиц N_{ch} в аннигиляции антипротонов на ядрах ${}^4\text{He}$ при четырех значениях энергии.

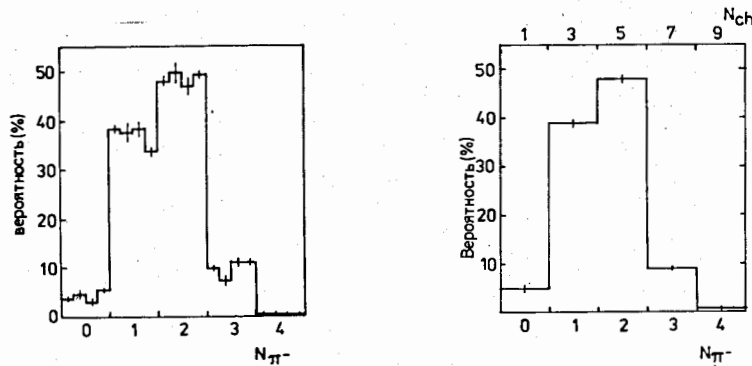


Рис.3. Распределение по множественности π^- мезонов в $\bar{p}^4\text{He}$ аннигиляции при четырех значениях энергии.

Рис.4. Распределение по множественности заряженных частиц и π^- мезонов в аннигиляции антипротонов на ядрах ${}^3\text{He}$ в покое.

антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$ при четырех значениях кинетической энергии T : на статистике 2677 взаимодействий при аннигиляции в покое, 609 взаимодействий при $T = 16,9$ МэВ, 1097 взаимодействий при $T = 48,9$ МэВ и 3124 взаимодействий при $T = 179,6$ МэВ, а также множественности

заряженных частиц в $\bar{p}^3\text{He}$ аннигиляции в покое на статистике 3125 событий. Кроме того были получены распределения по множественности π^- мезонов в аннигиляции антипротонов на ядрах ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ при значениях кинетической энергии, перечисленных выше. Результаты приведены на рис.2-4. Видно, что распределения по множественностям не зависят от энергии при её изменении от 0 до 180 МэВ.

Поскольку полный заряд ($\bar{p}^4\text{He}$) системы равен +1, при аннигиляции \bar{p} на ${}^4\text{He}$ чётное число заряженных частиц образуется только в реакциях с выходом ${}^3\text{He}$ в конечном состоянии. В реакциях с нечётным числом заряженных частиц ${}^3\text{He}$ образовываться не может. Это позволило определить выход ${}^3\text{He}$ в $\bar{p}^4\text{He}$ аннигиляции $P({}^3\text{He})$. Он оказался равным :

$$\begin{aligned} P({}^3\text{He}) &= (15,5 \pm 0,7) \% \text{ при } 179,6 \text{ МэВ,} \\ P({}^3\text{He}) &= (20,4 \pm 1,4) \% \text{ при } 48,7 \text{ МэВ,} \\ P({}^3\text{He}) &= (23,0 \pm 2,3) \% \text{ при } 19,6 \text{ МэВ,} \\ P({}^3\text{He}) &= (22,5 \pm 1,5) \% \text{ в покое.} \end{aligned}$$

Обнаружено, что с ростом кинетической энергии антипротона выход ${}^3\text{He}$ медленно уменьшается. Соответствующая величина в $\pi^+{}^4\text{He}$ взаимодействии существенно (примерно в три раза) больше, что можно рассматривать как указание на большую величину взаимодействия в конечном состоянии при аннигиляции антипротонов на ядре.

Сечения неупругого взаимодействия антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$ были измерены при трёх значениях импульса антипротона :

$$\begin{aligned} \sigma_T &= (239,2 \pm 5,0) \text{ мб при импульсе } 607,7 \text{ МэВ/с,} \\ \sigma_T &= (293,7 \pm 9,1) \text{ мб при } 306,2 \text{ МэВ/с,} \\ \sigma_T &= (405,6 \pm 16,4) \text{ мб при } 192,8 \text{ МэВ/с.} \end{aligned}$$

Величина этого сечения уменьшается с ростом импульса, что соответствует поведению сечения $\bar{p}p$ взаимодействия. Измеренное значение сечения при импульсе 607,7 МэВ/с не выпадает из общего поведения $A^{2/3}$ зависимости от атомного номера ядра-мишени.

Третья глава посвящена рассмотрению процесса безаннигиляционного развала ядра ${}^4\text{He}$. На основе анализа энергетической зависимости распределений по множественности заряженных частиц в $\bar{p}^4\text{He}$ взаимодействии получена оценка сечения этого процесса при двух значениях энергии антипротона :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= (13,6 \pm 12,3) \text{ мб при } T = 179,6 \text{ МэВ,} \\ \sigma_b &= (8,9 \pm 19,1) \text{ мб при } T = 48,7 \text{ МэВ.} \end{aligned}$$

Экспериментально измеренное постоянство относительных выходов событий с двумя и тремя заряженными частицами позволило сделать вывод, что

доля этого процесса не превосходит 5 - 10 % от сечения неупругого взаимодействия. По сравнению с развалом ${}^4\text{He}$ протонами и пионами в той же области энергий, этот процесс, вызванный антипротонами, сильно подавлен. Причинами такого подавления являются большая величина сечения $\bar{p}N$ аннигиляции и малость среднего переданного импульса в элементарном антипротон- нуклонном рассеянии. Подавление реакций развала ядра не связано со спецификой взаимодействия антипротонов с гелием, и поэтому должно быть характерным для рассеяния антипротонов на любых ядрах.

В четвертой главе рассматривается проблема изоспиновой зависимости аннигиляции. Для этого определяется отношение вероятностей аннигиляции антипротонов на протоне и нейтроне в ядре R :

$$R = \frac{w_p^{\text{ann}}}{w_n^{\text{ann}}}$$

Экспериментально полученные множественности π^- -мезонов в аннигиляции антипротонов на ядрах ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в покое сравнивались с множественностями, вычисленными на основе данных по $\bar{p}p$ и $\bar{p}n$ аннигиляции. В расчёты в качестве параметров входили : R - отношение вероятностей аннигиляции антипротона на нейтроне и протоне и $w_{\text{вкс}}$ - вероятность взаимодействия аннигиляционных π^- мезонов с нуклонами ядра- остатка. Расчёты наилучшим образом воспроизводят экспериментальные распределения по множественности при следующих значениях параметров :

$$R = 0,35 \pm 0,07 \quad w_{\text{вкс}} = 0,15 \pm 0,03 \quad \text{для } {}^3\text{He}$$

$$R = 0,48 \pm 0,10 \quad w_{\text{вкс}} = 0,08 \pm 0,05 \quad \text{для } {}^4\text{He}$$

Это означает, что в ядре гелия антипротон гораздо чаще аннигилирует на протоне, чем на нейтроне. Полученные величины отношений R примерно вдвое меньше, чем при аннигиляции антипротонов на ядрах дейтерия. Этот факт можно интерпретировать наличием сильной изоспиновой зависимости в элементарной $\bar{N}N$ амплитуде. Причём, данная зависимость не существует в S- волне, а, видимо, проявляется в более высоких парциальных волнах : в P- и/или D- волне. В рамках модели со стандартным $\bar{N}N$ потенциалом такая зависимость не предсказывается.

Пятая глава посвящена изучению упругого рассеяния антипротонов на ${}^4\text{He}$ при импульсе 607,7 МэВ/с. В результате измерений и кинематического анализа было выделено 2345 событий упругого рассеяния. Вычисленные на их основе дифференциальные сечения упругого рассеяния приведены на рис.5. Из этого рисунка видно, что рассеяние имеет дифракционный характер, и что расчёт по модели Глаубера неплохо описывает экспериментальные точки.

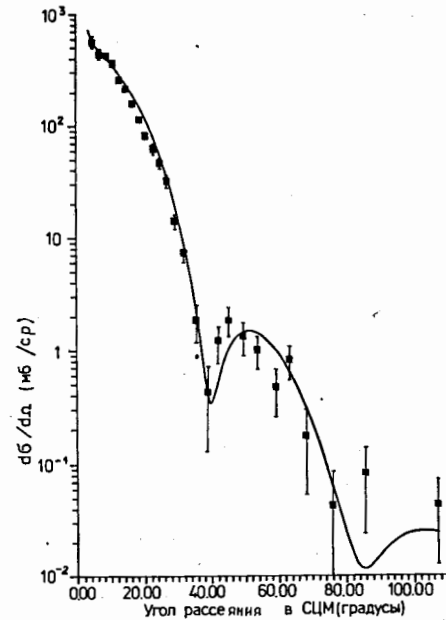


Рис.5. Дифференциальное сечение упругого рассеяния антипротонов на ядрах ${}^4\text{He}$ при импульсе 607,7 МэВ/с. Кривая - расчёт по модели Глаубера.

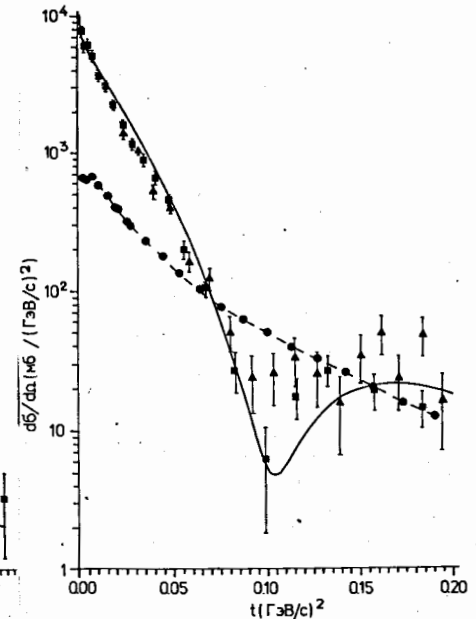


Рис.6. Зависимость сечения упругого рассеяния от квадрата переданного импульса. ■ - $\bar{p}{}^4\text{He}$ при энергии 180 МэВ, ▲ - $\pi^-{}^4\text{He}$ при 174 МэВ, ● - $\bar{p}{}^4\text{He}$ при 200 МэВ.

Экспериментально полученное дифференциальное сечение упругого рассеяния фитировалось следующим выражением:

$$d\sigma/d\Omega = |F_{\text{Coul}} + F_{\text{Nuc}}|^2,$$

где F_{Coul} - кулоновская, а F_{Nuc} - ядерная амплитуда рассеяния. Из фита были определены : положение первого дифракционного минимума $\theta_{\text{min}} = (38,1 \pm 0,5)^\circ$, отношение реальной к мнимой части ядерной амплитуды $\rho = 0,40 \pm 0,07$ и величина наклона в дифференциальном сечении рассеяния вперед $B = (66,1 \pm 3,3) (\text{ГэВ/с})^{-2}$. В результате интегрирования ядерной амплитуды в пределах от 0 до 180 градусов получена величина полного сечения упругого рассеяния :

$$\sigma_{\text{el}} = (119,9 \pm 2,5) \text{ мб.}$$

Это позволило определить полное сечение взаимодействия :

$$\sigma_{\text{tot}} = (359,1 \pm 5,6) \text{ мб.}$$

Сравнение с дифференциальными сечениями упругого рассеяния пионов и протонов на ${}^4\text{He}$ при близких значениях энергии (рис.6) обнаруживает почти полное совпадение в пределах экспериментальных ошибок антипротонных данных с пионными, и их отличие от протонных.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Измерены распределения по множественности заряженных частиц, образующихся при неупругих взаимодействиях антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$, и распределения по множественности π^- -мезонов в \bar{p} - ${}^4\text{He}$ аннигиляции при энергиях 179,6 МэВ, 48,7 МэВ, 19,6 МэВ и в покое, а также при аннигиляции остановившихся антипротонов на ядрах ${}^3\text{He}$. Обнаружено, что при изменении энергии антипротона от 0 до 180 МэВ множественности практически не меняются.

2. Измерен выход ядер ${}^3\text{He}$ - $\text{P}({}^3\text{He})$ при взаимодействии антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$ при четырёх значениях кинетической энергии антипротонов:

$$\text{P}({}^3\text{He}) = (15,5 \pm 0,7) \% \text{ при } 179,6 \text{ МэВ,}$$

$$\text{P}({}^3\text{He}) = (20,4 \pm 1,4) \% \text{ при } 48,7 \text{ МэВ,}$$

$$\text{P}({}^3\text{He}) = (23,0 \pm 2,3) \% \text{ при } 19,6 \text{ МэВ,}$$

$$\text{P}({}^3\text{He}) = (22,5 \pm 1,5) \% \text{ в покое.}$$

3. Измерены сечения неупругого взаимодействия антипротонов с ядрами ${}^4\text{He}$ при трёх значениях импульса:

$$\sigma_{\text{T}} = (239,2 \pm 5,0) \text{ мб при импульсе } 607,7 \text{ МэВ/с,}$$

$$\sigma_{\text{T}} = (293,7 \pm 9,1) \text{ мб при } 306,2 \text{ МэВ/с,}$$

$$\sigma_{\text{T}} = (405,6 \pm 16,4) \text{ мб при } 192,8 \text{ МэВ/с.}$$

4. Измерено дифференциальное сечение упругого рассеяния антипротонов на ядрах ${}^4\text{He}$ при импульсе 607,7 МэВ/с.

5. Измерено полное сечение упругого \bar{p} - ${}^4\text{He}$ рассеяния при энергии антипротонов 179,6 МэВ :

$$\sigma_{\text{el}} = (119,9 \pm 2,5) \text{ мб,}$$

а также полное сечение взаимодействия :

$$\sigma_{\text{tot}} = (359,1 \pm 5,6) \text{ мб.}$$

6. Определено отношение вероятности аннигиляции антипротона на нейтроне к вероятности аннигиляции на протоне в ядрах ${}^4\text{He}$ и ${}^3\text{He}$ в покое :

$$R = 0,35 \pm 0,07 \text{ для } {}^3\text{He}$$

$$R = 0,48 \pm 0,10 \text{ для } {}^4\text{He.}$$

Получено указание на сильную изоспиновую зависимость аннигиляции в высших парциальных волнах.

7. Обнаружена малость процесса безаннигиляционного развала ядра ${}^4\text{He}$ антипротонами. Получена оценка сечения этого процесса при двух значениях энергии антипротонов :

$$\sigma_{\text{D}} = (13,6 \pm 12,3) \text{ мб при } T = 179,6 \text{ МэВ,}$$

$$\sigma_{\text{D}} = (8,9 \pm 19,1) \text{ мб при } T = 48,7 \text{ МэВ.}$$

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, Ф.Никитиу, Д.Б.Понтекорво, М.Г.Сапожников, В.И.Третьяк, И.В.Фаломкин, Ф.Балестра, М.П.Бусса, Л.Буссо, Л.Ферреро, Д.Панциери, Г.Пираджино, Ф.Тозелло, Дж.Бендишолли, В.Филиппини, Э.Лоди Риццини, А.Ротонди, А.Зенони, К.Гуаральдо, А.Маджиора, М.Васкон, Дж.Занелла. Подавление процессов безаннигиляционного развала ядра при взаимодействии антипротонов с ${}^4\text{He}$. - Краткие сообщения ОИЯИ №12-85, Дубна, 1985, стр.6.
2. Yu.A.Batusov, S.A.Bunyatov, I.V.Palomkin, F.Nichitiu, G.B.Pontecorvo, M.G.Sapozhnikov, V.I.Tretyak, F.Balestra, S.Bossolasco, M.P.Bussa, L.Busso, L.Fava, L.Ferrero, D.Panzieri, G.Piragino, F.Tosello, G.Bendiscioli, A.Rotondi, P.Salvini, A.Zenoni, G.Guaraldo, A.Maggiola, E.Lodi Rizzini, A.Haatuft, A.Halsteinslid, K.Myklebost, J.Olsen, O.Breivik, T.Jacobsen, S.O.Sorensen Annihilation of stopping antiprotons in ${}^4\text{He}$ and ${}^3\text{He}$. - JINR Rapid communication No.21-87, Dubna, 1987, p.5.
3. F.Balestra, S.Bossolasco, M.P.Bussa, L.Busso, L.Fava, L.Ferrero, D.Panzieri, G.Piragino, F.Tosello, G.Bendiscioli, A.Rotondi, P.Salvini, A.Zenoni, Yu.A.Batusov, S.A.Bunyatov, I.V.Palomkin, F.Nichitiu, G.B.Pontecorvo, M.G.Sapozhnikov, V.I.Tretyak, G.Guaraldo, A.Maggiola, E.Lodi Rizzini, A.Haatuft, A.Halsteinslid, K.Myklebost, J.Olsen, O.Breivik, T.Jacobsen, S.O.Sorensen Annihilation of antiprotons at rest in ${}^3\text{He}$ and ${}^4\text{He}$. - Nuclear Physics, 1987, V.A747, p.651.
4. F.Balestra, S.Bossolasco, M.P.Bussa, L.Busso, L.Fava, L.Ferrero, D.Panzieri, G.Piragino, F.Tosello, R.Barbieri, G.Bendiscioli, A.Rotondi, P.Salvini, A.Zenoni, Yu.A.Batusov, I.V.Palomkin, F.Nichitiu, G.B.Pontecorvo, M.G.Sapozhnikov, V.I.Tretyak, G.Guaraldo, A.Maggiola, E.Lodi Rizzini, A.Haatuft, A.Halsteinslid, K.Myklebost, J.Olsen, O.Breivik, T.Jacobsen, S.O.Sorensen Light nucleus production in \bar{p} - ${}^4\text{He}$ annihilation between 0 and 600 MeV/c. - Nuovo Cimento, 1988, V.100A, N.3, p.323.

5. Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, Д.Б.Понтекорво, А.М.Рождественский, М.Г.Сапожников, В.И.Третьяк, И.В.Фаломкин, Ф.Балестра, С.Боссоласко, М.П.Бусса, Л.Буссо, А.Г.Грассо, Л.Ферреро, Д.Панциери, Г.Пираджино, Ф.Тозелло, Л.Ферреро, Е.Фиорамонти, Р.Барбиери, Дж.Бендишолли, В.Филиппини, А.Ротонди, А.Зенони, П.Сальвини, К.Гуаральдо, А.Маджиора, Э. Лоди Риццини, К.Миклебост, Й.М.Олсен, А.Хоотуфт, А.Халштейнслид, Ф.О.Брейвик, С.О.Соренсен, Т.Якобсен, Упругое рассеяние антипротонов на ^4He при 600 МэВ/с, - Краткие сообщения ОИЯИ № 71331-88, Дубна, 1988, стр. 15.
6. F.Balestra, S.Bossolasco, M.P.Bussa, L.Busso, L.Ferrero, D.Panzieri, G.Piragino, F.Tosello, R.Barbieri G.Bendiscioli, A.Rotondi, P.Salvini, A.Venaglioni, A.Zenoni, Yu.A.Batusov, I.V.Palomkin, G.B.Pontecorvo, A.M.Rozhdestvensky, M.G.Sapozhnikov, V.I.Tretyak, C.Guaraldo, A.Maggiora, E.Lodi Rizzini, A.Haatuft, A.Halsteinslid, K.Myklebost, J.Olsen, O.Breivik, T.Jacobsen, S.O.Sorensen Evidence of isospin effects in antiproton-nucleus annihilation, - Nuclear Physics, 1989, V.A491, p.572.
7. Yu.A.Batusov, S.A.Bunyatov, I.V.Palomkin, F.Nichitiu, G.B.Pontecorvo, M.G.Sapozhnikov, A.M.Rozhdestvensky, V.I.Tretyak, F.Balestra, S.Bossolasco, M.P.Bussa, L.Busso, L.Fava, L.Ferrero, D.Panzieri, G.Piragino, F.Tosello, G.Bendiscioli, A.Rotondi, P.Salvini, A.Zenoni, C.Guaraldo, A.Maggiora, E.Lodi Rizzini, A.Haatuft, A.Halsteinslid, K.Myklebost, J.Olsen, O.Breivik, T.Jacobsen, S.O.Sorensen, Antiproton interactions with light nuclei at LEAR energies, - Proceedings of the IX international Seminar on High Energy Physics Problems, Vol.II, Dubna, 1988, p. 297.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 декабря 1989 года.