

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 289

P1-87-802

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
НЕЙТРАЛЬНЫХ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ
И γ -КВАНТОВ В $\bar{p}d$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 12 ГэВ/с

1987

Б.В.Батюня, И.В.Бобуславский, Д.Брунцко, В.Врба, И.М.Граменицкий,
Р.Ледницки, К.С.Медведь
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

К.Кока, Т.Понта
Центральный институт физики, Бухарест

Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Канесян, Э.А.Киракосян
Ереванский физический институт

П.Муринь
Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук,
Кошице

П.С.Варанов, С.В.Левонян
Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин,
Н.М.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руквицкий, В.И.Рудь,
Л.А.Тихонова
Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

И.Геринек, М.Локайчек, П.Староба, В.Шимак
Физический институт ЧСАН, Прага

М.Сук, Р.Лейтнер
Ядерный центр Карлова университета, Прага

З.Златанов, Х.Каназирски
Высший химико-технологический институт, София

1. ВВЕДЕНИЕ

В предлагаемой работе изучаются процессы инклюзивного образования γ -квантов и странных частиц (K_S^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$) в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с. Исследование подобного типа процессов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях проводится впервые.

Структура работы следующая: во втором разделе изложена методика, позволяющая получить топологические сечения V^0 -частиц. В разделе 3 приведена оценка доли многократных столкновений в $\bar{d}d$ -взаимодействиях и исследуется их влияние на значение среднего поперечного импульса $\langle p_T^2 \rangle$ V^0 -частиц.

2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ И γ -КВАНТОВ

Отбор событий с образованием нейтральных странных частиц и γ -квантов (V^0 -частицы) проводился во время просмотра $\bar{d}d$ -взаимодействий, методика которого описана в работе ^{1/}. Отбирались для измерения события, в которых треки от распада нейтральных странных частиц (K_S^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$) или конверсии γ -квантов лежали по разные стороны относительно прямой, соединяющей вершину $\bar{d}d$ -взаимодействия и вершину вилки. Эффективность двойного просмотра V^0 -частиц составляла $\epsilon = 0,86$.

Было зарегистрировано ~1500 вилок. Отобранные при просмотре события измерялись на полуавтоматах ПУОС ^{2/}. Методика измерения описана в работе ^{3/}, программы геометрической реконструкции и кинематического анализа представлены в работах ^{4,5/} соответственно. Вилки, не связанные с вершиной первичного взаимодействия, исключались из дальнейшего анализа. Для треков от распада вилок с импульсом меньше 1,5 ГэВ/с проводилось определение типа частицы (e^\pm , π^\pm , p^\pm) по ионизации. Если по результатам идентификации для какой-нибудь вилки проходило несколько гипотез, то для дальнейшей работы использовались все гипотезы с присвоением каждой веса $1/V_1$ ($V_1 = 1, 2, \dots$ — число гипотез для оценки одной вилки). Рабочий объем для регистрации вилок был выбран на расстоянии ≈ 10 см от края фотографируемого объема, так как при измерении треков распада вилок на длине, меньшей 10 см, резко возрастают ошибки измерения.

Вероятность регистрации вилки в рабочем объеме камеры — P вычислялась по методу потенциальных длин. Для каждой вилки вычислял-

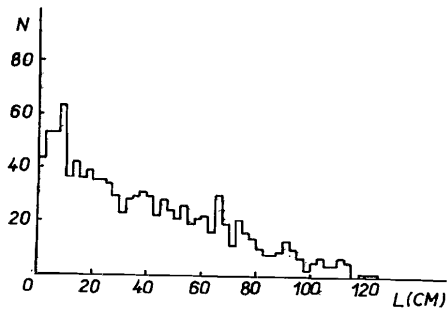


Рис.1. Распределения расстояний от вершин вилок до первичной вершины.

ся вес w_1 — величина, обратная P . При вычислении w_1 также учитывалась вероятность распада вилок по тому каналу, который мы регистрируем ($K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, $\Lambda(\bar{\Lambda}) \rightarrow p^+ \pi^-$).

Кроме того, учитывались потери γ -квантов, испытавших конверсию в стенах мишени ^{6/}, где вершина вилок не видна. В отличие от нейтральных странных частиц, продукты распада которых позволяют восстановить невидимую вершину распада, в случае γ -квантов это затруднительно из-за большой доли процесса тормозного излучения. В связи с этим для γ -квантов вилок, вершина которых находилась в стенках мишени, были отброшены из дальнейшего анализа.

Для учета потерь вилок вблизи первичных вершин введено обрезание по минимальному расстоянию L_{\min} между вершиной первичного взаимодействия и вершиной вилок (см. рис.1), значение $L_{\min} = 2,5$ см. Вес w_1 для странных частиц вычисляется по формуле

$$w_1 = \frac{1}{B[\exp(-L_{\min}/D) - \exp(-L/D)]}, \quad (1)$$

где B — вероятность распада по данному каналу; L_{\min} — расстояние между первичной вершиной и вершиной вилок, на котором введено обрезание; D — средний свободный пробег до распада; L — потенциальный пробег V^0 в рабочем объеме. Для γ -квантов выражение (1) переходит в формулу

$$w_1 = \{ \exp(-L_{\min}/D) - \exp(-L_1/D) [1 - \exp(-L_2/D_2) + \exp(-L_2/D_2 - L_3/D)] \}^{-1}, \quad (2)$$

учитывающую тот факт, что γ -кванты, вершины которых находятся в стенках мишени, не рассматриваются. В выражении (2) L_1 — потенциальный пробег γ -кванта мишени; L_2 — потенциальный пробег γ -кванта в лексановой стенке мишени и L_3 — потенциальный пробег γ -кванта вне мишени, в водороде. D — средний свободный пробег до конверсии в дейтерии или в водороде и D_2 — соответственно в лексане.

Для D верно соотношение

$$D = \frac{1}{N_A \rho \sigma \gamma}, \quad (3)$$

где N_A — число Авогадро, ρ — плотность вещества, через которое проходит γ -квант, $\sigma \gamma$ — сечение образования e^+e^- -пар, зависящее от энергии γ -кванта ^{7/}.

В дальнейшем для потерь медленных γ -квантов была введена поправка в соответствии с работой ^{2/}. При этом из дальнейшего анализа отбрасывались те γ -кванты, для которых значение модуля импульса p в лабораторной системе координат (л.с.к.) было меньше $m_{\pi^0}/2$, где m_{π^0} — масса π^0 -мезона. Для γ -квантов с $p > m_{\pi^0}/2$ введен поправочный вес $w_\gamma = 1 + m_{\pi^0}^2/4p^2$.

Полный вес w для каждого события равен

$$w = \frac{w_1 \cdot w_t \cdot w_d \cdot w_\gamma}{V_1 \cdot V_2}, \quad (4)$$

где w_t — топологический вес первичного $\bar{d}d$ -взаимодействия, к которому относится вилок; w_d — вес, учитывающий потери вилок при измерениях и эффективность просмотра; V_1 — число вершин, с которыми, возможно, связана вилок; V_2 — число гипотез для одной вилок.

Всего с учетом весов было получено ~ 340 событий. Средние полные веса w для разных вилок и число V^0 -частиц приведены в табл.1. Используя значение миллибарнэквивалентов для $\bar{d}d$ -взаимодействий ^{9/} и известное количество $\bar{d}d$ -событий с вилок, для V^0 (γ)-взаимодействий получаем миллибарнэквивалент $\mu = (0,1589 \pm 0,0048)$ мб/соб. Как показано в работе ^{10/}, адронный фон в пучке антидейтронов, включающий преимущественно π^- -мезоны, составляет $\approx 32\%$. Используя данные по π^-d -взаимодействию при $15 \text{ ГэВ}/c$ ^{11/}, вычитая фон, с помощью μ получаем сечения образования γ -квантов и K_s^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$ -частиц, значения которых представлены в табл.2. Последняя колонка в табл.2

Таблица 1. Значения полного веса и числа событий разного сорта вилок в $\bar{d}d$ -взаимодействиях

	γ	K^0	Λ	$\bar{\Lambda}$
полный вес	11,6	1,95	1,78	1,77
число событий	286	27	15	12

содержит усреднение значения топологических сечений Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов (С-симметрия $\bar{d}d$ -взаимодействий требует совпадения инклюзивных сечений образования Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов, это позволяет совместно

Таблица 2. Топологические сечения и основные множественные характеристики γ -квантов и K_S^0 , Λ -, $\bar{\Lambda}$ -частиц в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с. В последней колонке приведены усредненные значения $\sigma_{n_{ch}}$, соответствующие образованию Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов

n_{ch}	σ_γ , мб	$\sigma_{K_S^0}$, мб	$\sigma_{\bar{\Lambda}}$, мб	σ_{Λ} , мб	$\sigma_{\Lambda/\bar{\Lambda}}$, мб
0	2,4±1,1	0,21±0,30	0,29±0,30	0±0,6	0,12±0,15
2	43±5	1,22±0,78	0,84±0,49	1,14±0,67	0,99±0,42
4	185±11	2,34±1,11	1,38±0,64	0,64±0,60	1,01±0,44
6	89±7	1,49±0,78	0	1,26±0,67	0,63±0,34
8	38±4	0,43±0,43	0,87±0,51	0±0,08	0,40±0,26
10	0±1				
12	1,4±0,5				
σ_t	358±15	5,69±1,66	3,38±0,99	4,24±1,12	3,81±0,75
$\langle n_{ch} \rangle_{V^0}$	4,69±0,07	4,3±0,6	4,2±0,8	4,1±0,7	4,1±0,5
D	1,75±0,06	1,9±0,4	2,5±0,4	1,8±0,2	2,2±0,3
$\langle n_{ch} \rangle_{V^0/D}$	2,68±0,09	2,2±0,5	1,7±0,3	2,3±0,5	1,9±0,3

использовать данные по образованию Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов и тем самым уменьшить ошибки). В табл.2 приведены и основные множественные характеристики образования V^0 -частиц в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с — средняя ассоциативная множественность $\langle n_{ch} \rangle_{V^0}$ дисперсия D и отношение $\langle n_{ch} \rangle_{V^0}/D$.

3. МНОГОКРАТНЫЕ СТОЛКНОВЕНИЯ В $\bar{d}d$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Расчеты, проделанные в рамках модели Глаубера, показывают^{/12/} что 80÷85% $\bar{d}d$ -взаимодействий относятся к классу "однократных", в которых участвует только одна нуклон-антинуклонная пара, а другие нуклон и антинуклон (спектаторы) не взаимодействуют. Полное сечение образования γ -квантов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях в первом приближении можно представить в виде суммы сечений однократных (σ_1) и многократных (σ_M) взаимодействий^{/11/}:

$$\sigma_{\bar{d}d \rightarrow \gamma X} = \sigma_1 (\bar{N}N \rightarrow \gamma X) + \sigma_M (\bar{\bar{d}d}'' \rightarrow \gamma X),$$

где

$$\sigma_1 (\bar{N}N \rightarrow \gamma X) = \frac{1}{4} [\sigma (\bar{p}p \rightarrow \gamma X) + \sigma (\bar{n}n \rightarrow \gamma X) + \sigma (\bar{p}n \rightarrow \gamma X) + \sigma (\bar{n}p \rightarrow \gamma X)],$$

$$\sigma_M (\bar{\bar{d}d}'' \rightarrow \gamma X) = [\sigma_{21} + \sigma_{22} + \sigma_3 + \sigma_4] \bar{d}d \rightarrow \gamma X.$$

Сечение σ_M является суммой сечений 2-, 3- и 4-кратных взаимодействий. Из работ^{/13,14/} следует, что среднее число π^0 -мезонов $\langle n_{\pi^0} \rangle$ в $\bar{p}p$ - и $\bar{p}n$ -взаимодействиях при энергии, близкой к значению 6,1 ГэВ, в пределах ошибок одинаково. Поэтому на основании изоспиновой симметрии $\bar{n}n$ - и $\bar{p}p$ -взаимодействий и C-симметрии $\bar{p}n$ - и $\bar{n}p$ -столкновений можно сделать вывод о том, что при энергии, близкой к значению 6,1 ГэВ, для $\bar{N}N$ -процессов $\langle n_{\pi^0} \rangle$ одинаково. Как показано в^{/13/}, γ -кванты, образующиеся в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при энергии 7,3 ГэВ, происходят главным образом от распадов π^0 -мезонов. Поэтому можно считать, что при энергии, близкой к значению 6,1 ГэВ, среднее число γ -квантов в $\bar{N}N$ -процессах одинаково — $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(1)} = (3,77 \pm 0,06)$ ^{/13/}.

Для доли многократного взаимодействия x справедливо уравнение

$$\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(\bar{d}d)} = (1-x) \langle n_{ch} \rangle_{\gamma(1)} + x \langle n_{ch} \rangle_{\gamma(M)}, \quad (5)$$

где $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(\bar{d}d)}$, $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(1)}$ — ассоциативная средняя множественность вторичных заряженных частиц с сопровождением γ -квантов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ (см.табл.2) и в $\bar{N}N$ -процессах при энергии, близкой к 6,1 ГэВ соответственно. $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(M)}$ — ассоциативная средняя множественность, соответствующая многократным столкновениям в $\bar{d}d$ -взаимодействиях. Из расчетов в рамках модели Глаубера^{/12/} следует, что основную долю σ_M представляют собой подпроцессы σ_{21} и σ_{22} . Поэтому кажется разумным предположить, что $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(M)}$ вдвое больше, чем $\langle n_{ch} \rangle_{\gamma(1)}$. Тогда из (5) для оценки доли многократных столкновений в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с получаем $X = (24 \pm 2)\%$, что согласуется с модельным предсказанием^{/12/}.

Как показано в работе^{/15/} для многократных процессов характерно увеличение $\langle p_T^2 \rangle$ в сравнении с однократными адрон-нуклонными взаимодействиями. На рис.2 представлено $d\sigma/dp_T^2$ распределение γ -квантов, образующихся в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с. Значение $\langle p_T^2 \rangle$ равно $(0,067 \pm 0,012)$ (ГэВ/с)² и по сравнению с соответствующей величиной в $\bar{N}N$ -процессах при энергии, близкой к значению 6,1 ГэВ — $(0,036 \pm 0,001)$ (ГэВ/с)²^{/13/} — есть указание ро-

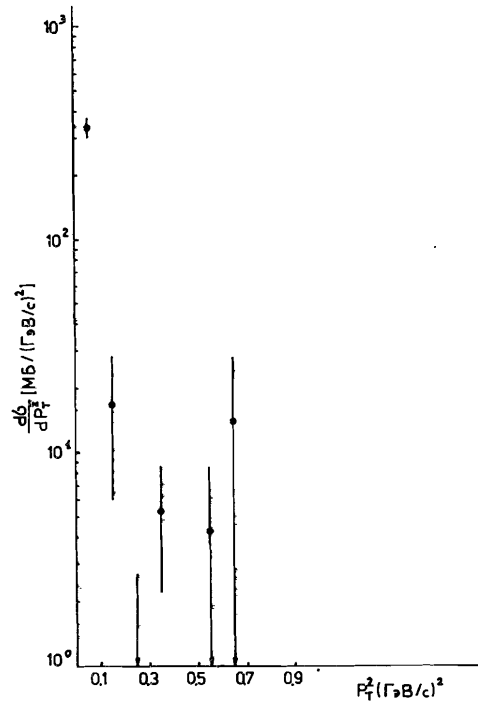


Рис.2. $d\sigma / dp_T^2$ -распределения γ -квантов.

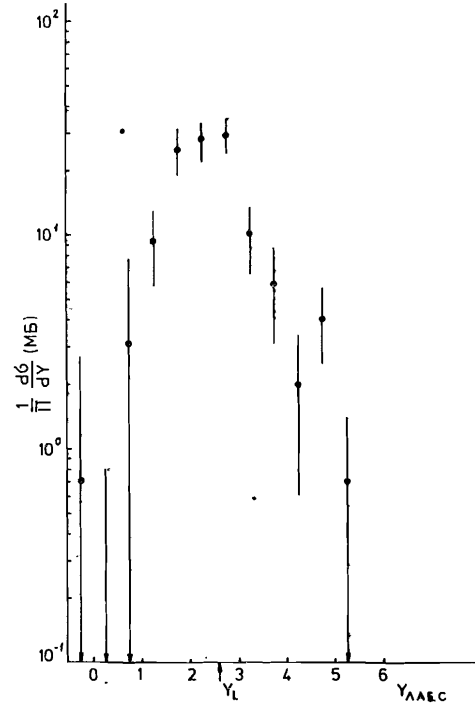


Рис.3. Инвариантное дифференциальное распределение $\frac{1}{\pi} \frac{d\sigma}{dy}$ γ -квантов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с. Стрелка показывает значение $y_L = \ln[(E_{\text{пучок}} + p_{\text{пучок}}) / m_{\text{пучок}}]$.

ста $\langle p_T^2 \rangle$, что отвечает ожидаемому. Для K_S^0 -мезонов, Λ - и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов значение $\langle p_T^2 \rangle$ равно $(0,280 \pm 0,094)$, $(0,117 \pm 0,080)$ и $(0,185 \pm 0,068)$ $(\text{ГэВ/с})^2$ соответственно. Это в пределах ошибок согласуется с $\bar{p}r$ -данными^{13/} при энергии, близкой к значению 6,1 ГэВ, т.е. на данном уровне статистики влияние многократных процессов не наблюдается.

На рис.3 приведена зависимость дифференциального сечения образования γ -квантов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях по быстроте в лабораторной системе координат — $\frac{1}{\pi} \frac{d\sigma}{dy}$. Видно, что распределение γ -квантов симметрично около значения y_L , где

$$y_L = \ln \left[\frac{(E_{\text{пучок}} + p_{\text{пучок}})}{m_{\text{пучок}}} \right].$$

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе получены:

- 1) сечения образования K_S^0 -, Λ -, $\bar{\Lambda}$ - и γ -частиц в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12,2 ГэВ/с;
- 2) основные множественные характеристики — средняя ассоциативная множественность $\langle n_{\text{ch}} \rangle_{\nu^0}$, дисперсия D и $\langle n_{\text{ch}} \rangle_{\nu^0} / D$ — вилок, образующихся в $\bar{d}d$ -соударениях при 12,2 ГэВ/с;
- 3) оценка доли многократных столкновений в $\bar{d}d$ -взаимодействиях, которая оказалась в согласии с модельным расчетом;
- 4) одночастичные спектры по p_T^2 и y , образующихся в $\bar{d}d$ -взаимодействиях γ -квантов, в том числе и $\langle p_T^2 \rangle$ для K_S^0 -, Λ -, $\bar{\Lambda}$ - и γ -частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, P1-87-340, Дубна, 1987.
2. Алмазов В.Н. и др. ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.
3. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, P1-85-476, Дубна, 1985.
4. Артеян А.С. и др. ОИЯИ, 10-84-450, Дубна, 1984.
5. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, P1-85-711, Дубна, 1985.
6. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, 1-84-779, Дубна, 1984.
7. Бэм Я., Гришин В.Г. ОИЯИ, P-2638, Дубна, 1966; Iversen P.S. Delphi 85-31, PROG-23, 1985.
8. Chakrabarti S. et al. — Zeit.f.Phys, 1985, C27, p.1.
9. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, P1-87-523, Дубна, 1987.
10. Baturyna V.V. et al. — Czech.J. of Phys, 1986, No.11, p.1273.
11. Porter F.G. — Ph.D.Thesis, UCPPG, 1972, 77, 9, p.1.
12. Franco V., Glauber R. — Phys.Rev., 1966, 142, p.1195. Franco V. — Phys.Rev., 1966, 175, p.1376.
13. Patel G.D. et al. — Zeit.f.Phys., 1982, C12, p.189.
14. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, P1-87-22, Дубна, 1987.
15. Uzhinskii V.V., Omboo Z. JINR, E2-83-816, Dubna, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 ноября 1987 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Батюня Б.В. и др.

P1-87-802

Изучение образования нейтральных странных частиц и γ -квантов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12 ГэВ/с

Изучены процессы инклюзивного образования γ -квантов и странных частиц (K_s^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$) в $\bar{d}d$ -взаимодействиях при 12 ГэВ/с. Приведены топологические сечения рождения γ -квантов и странных частиц. Особое внимание уделено оценке доли многократных взаимодействий в $\bar{d}d$ -соударениях, значение которой оказалось в согласии с расчетом, проведенным в рамках модели Глаубера.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Batyunya B.V. et al.

P1-87-802

The Study of the Neutron Strange Particles and γ -Quantum Production in $\bar{d}d$ -Interactions at 12 GeV/c

The inclusive production processes of the γ -quanta and strange particles (K_s^0 , Λ , $\bar{\Lambda}$) in $\bar{d}d$ -interactions at 12 GeV/c are studied. The topological cross sections of γ -quanta and strange particle production are presented. A special attention is paid to the estimation of the multi-particle scattering part in $\bar{d}d$ -interactions, the value of which turned out to be in accordance with the Glauber model prediction.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987