

T-348

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

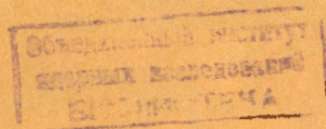
1 - 9471

ГЕНЧЕВ Владимир Илиев

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМФАКТОРОВ
В $K_L^0 \rightarrow \pi \mu \nu$ - РАСПАДАХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук



Дубна 1976

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник - М.Ф. Лихачев,
кандидат физико-математических наук - Г.Г. Тахтамышев.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник - Ю.А. Будагов,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник - И.М. Граменицкий.

Ведущее научно-исследовательское учреждение :

Институт физики высоких энергий - г. Серпухов.

Автореферат разослан "___" _____ 1976 года.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1976 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна,
Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Лаборатории высоких энергий.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических
наук

М.Ф. Лихачев

М.Ф. Лихачев.

Развитие физики элементарных частиц в последние два десятилетия связано главным образом с обнаружением экспериментальных фактов, которые приводят к пересмотру некоторых фундаментальных взглядов на материю и ее превращения. Обнаружение Кристенсоном, Кройнином, Фитчем и Терли^{/1/} распада K_L^0 - мезона на два заряженных пиона, строго запрещенного сохранением CP-инвариантности, дало толчок к переосмыслению таких принципов, как CPT-теорема или T-инвариантность, в основе которых лежат общие принципы современных теоретических представлений. Этим объясняется бурное развитие физики нейтральных каонов, так как дальнейшее накопление экспериментальных данных, их тщательный методический и научный анализ, сопоставление их с предсказаниями теоретических моделей дает нам возможность для более правильных представлений о строении материи.

В течение 1970-1972 г.г. на Серпуховском ускорителе ИФВЭ были проведены эксперименты по изучению регенерации нейтральных каонов при высоких энергиях на нуклонах и ядрах^{/2-4/} при помощи бесфильмового искрового спектрометра^{/5/}. Параллельно с регистрацией распада $K_{L,S}^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ ($K^0 2\pi$) на магнитные ленты записывались полупептонные $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \mu^- \nu$ ($K^0 \mu \nu$), $K_L^0 \rightarrow \pi^+ e^- \nu$ ($K^0 e \nu$) и нелептонные $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ($K^0 3\pi$) распады нейтральных каонов. Идентификация последних трех типов распадов была необходима при проведении регенерационных экспериментов для вычитания фона из событий - кандидатов в $K 2\pi$ - распады и с целью восстановления импульсного спектра падающих каонов. Они служили внутренним монитором при нормировке экспериментальных результатов, а также предоставляли важную первичную информацию для дальнейшего изучения формфакторов в K_L^0 - распадах^{/6-9/}.

Настоящая диссертация посвящена получению новых данных о

зависимости формфакторов в $K^0 \mu^3$ - распадах от квадрата переданного лептонной паре четырехмерного импульса, определению значений параметров их линейного разложения и некоторым аспектам проверки $V-A$ -теории.

Диссертация состоит из введения и четырех глав.

Во введении кратко изложены основные исторические этапы развития физики слабых взаимодействий вообще и полулептонных распадов в частности. В физике элементарных частиц слабые взаимодействия играют особую роль, поскольку чисто лептонные взаимодействия можно с достаточной точностью исследовать без учёта перенормировочных эффектов, обусловленных сильными взаимодействиями. С другой стороны, они обеспечивают информацию о симметричных свойствах и динамике сильновзаимодействующих частиц.

В первой главе реферативно рассматриваются некоторые вопросы алгебры токов, матричные элементы и формфакторы для $K^0 \mu^3$ -распада.

Вся имеющаяся экспериментальная информация о полулептонных распадах удовлетворительно согласуется с эффективным лагранжианом, записанным в виде произведения лептонного J_e^A - и адронного J_h^A -токов:

$$\mathcal{L}_{int}^{sc} = G/\sqrt{2} [J_{e\lambda}^+ J_h^A + J_{h\lambda}^+ J_e^A]_S,$$

где $G = 10^{-5} m_p^{-2}$ - постоянная Ферми,

$$J_e^A = \bar{\nu}_e \gamma^\lambda (1 - \gamma_5) \mu + \bar{\nu}_e \gamma^\lambda (1 - \gamma_5) e$$

$$J_h^A = (J_4^A + i J_2^A - J_3^{5A} - i J_5^{5A}) \cos \theta_c +$$

$$+ (J_4^A + i J_5^A - J_4^{5A} - i J_5^{5A}) \sin \theta_c,$$

θ_c - угол Кабиббо.

В рамках $V-A$ -теории матричный элемент полулептонного K_L^0 -распада с учётом CP сохранения и наблюдаемых правил отбора может быть записан в виде:

$$M = \frac{G}{\sqrt{2}} \sin \theta_c \langle \pi | J_4^A + i J_5^A | K \rangle \bar{u}_\mu \gamma_\lambda (1 + \gamma_5) u_\nu.$$

Введя обозначения для

частиц: $K \rightarrow \pi \mu \nu$,
 четырехимпульсов: $k \quad q \quad \dots$,
 масс: $M \quad m \quad m$

$$t = (k - q)^2 = M^2 + m^2 - 2ME_\pi^+$$

матричный элемент можно выразить ^{/10/} двумя действительными скалярными функциями f_+ и f_- , зависящими от четырехмерного переданного лептонной паре t импульса:

$$M = \frac{G}{\sqrt{2}} \sin \theta_c [(k+q)_\lambda f_+(t) + (k-q)_\lambda f_-(t)] \bar{u}_\mu \gamma_\lambda (1 + \gamma_5) u_\nu.$$

f_+ и f_- - так называемые векторные формфакторы. Иногда вместо f_- - вводится так называемый скалярный формфактор, который представляется в виде линейной комбинации f_+ и f_- :

$$f(t) = f_+(t) + \frac{t}{M^2 - m^2} f_-(t).$$

Плотность распределения событий в далитц-области может быть вычислена на следующем образом ^{/10/}:

$$\frac{d^2 N(E_\pi^+, E_\mu^+)}{dE_\pi^+ dE_\mu^+} = \frac{G^2 \sin^2 \theta_c}{4\pi^3} [A f_+^2(t) + B f_+(t) f_-(t) + C f_-^2(t)].$$

(A, B и C - определенные кинематические множители).

Поскольку теоретический вид формфакторов неизвестен, то для них берется разложение в ряд по t :

$$f_+(t) = f_+(0) (1 + \lambda_+ t/M^2 + \dots)$$

$$f_-(t) = f_-(0) (1 + \lambda_- t/M^2 + \dots),$$

где λ_+ и λ_- - параметры линейного разложения, а $f_+(0)$ и $f_-(0)$ - значения формфакторов при $t = 0$. Задачей экспериментов является определение параметров λ_+ , λ_- и параметра

$$\xi_0 = f_-(0)/f_+(0).$$

В первой главе также рассматриваются некоторые теоретические предсказания для формфакторов, вытекающие из полюсной доминантности ^{/11/},

теоремы мягких пионов^{/12/}, из которой следует соотношение Каллана-Треймана^{/13/}.

Во второй главе описываются проведение эксперимента с нейтральными каонами, экспериментальная установка и условия набора статистики. Рассматриваются также некоторые методические вопросы, а именно: программы обработки экспериментальной информации; критерии отбора $K^0_{\mu 3}$ - событий; коррекции и оценка фона. Экспериментальная установка представляет собой бесфильмовый искровой спектрометр^{/5/} (рис.1). Она включает в себя: спектрометрический магнит, искровые камеры с магнитострикционным съемом информации^{/14/}, системы сцинтилляционных счетчиков^{/15/}, детекторы для идентификации лептонов (детектор мюонов^{/16/} и детектор электронов^{/17/}) и др. Информация для исследования $K^0_{\mu 3}$ - распада была получена в экспериментах^{/2,3/} с использованием в качестве регенератора трехметровых жидководородной^{/18/} и жидкодейтериевой^{/19/} мишеней. Информация записывалась на магнитные ленты (10^6 событий с водородной мишенью и $1,1 \cdot 10^6$ - с дейтериевой). С целью дальнейшей обработки данных была создана система математических программ, состоящая из программ геометрической реконструкции событий по координатам искр в искровых камерах^{/20/}; статистической обработки информации и для получения матриц, необходимых для процедуры минимизации. Для вычисления эффективности установки, получения импульсного спектра нейтральных каонов, рожденных в мишени ускорителя и анализа формфакторов, методом Монте-Карло моделировались распады $K^0_{\mu 3}$ с учётом реальных условий эксперимента. Программа моделирования учитывала кулоновское рассеяние в веществе^{/21/}, неэффективность искровых камер, экспериментальные ошибки в определении координат искр и логику реконструкции этих событий, тождественную реконструкции экспериментальных событий. Для выделения $K^0_{\mu 3}$ - распадов использовались геометрические критерии, соответствующие реальным эффективным размерам элементов установки, и кинематические критерии,

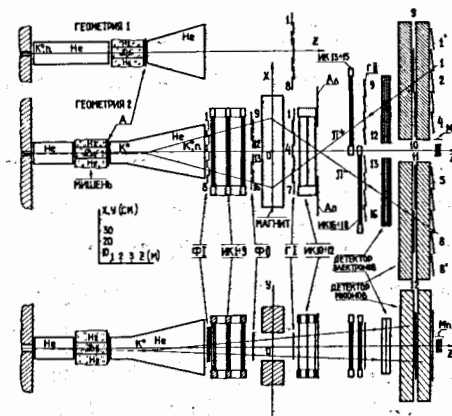


Рис.1. Схема спектрометра (вид сверху и сбоку): Ф1, Ф2, П1, П2 - годоскопические счетчики системы запуска; ИС1-И8 - магнитострикционные искровые камеры; А_Л, А_П - счетчики антисовпадений; М_И, М_{П/З} - мониторы.

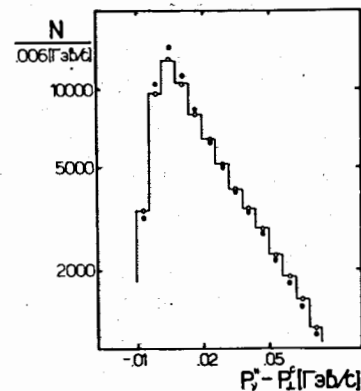


Рис.2. Распределение продольного импульса нейтрино в системе покоя $K^0_{\mu 3}$ - мезона для дейтерия. Гистограмма - экспериментальные события, ● - события, моделированные методом Монте-Карло без учета, а ○ - с учётом упругого рассеяния $K^0_{\mu 3}$ - мезонов в дейтериевой мишени-регенераторе.

соответствующие кинематике $K^0_{\mu 3}$ - распада. После использования всех критериев отбора событий мы располагали статистикой, показанной в табл. I.

далее дается оценка других типов распадов в отобранных $K^0_{\mu 3}$ -событиях. Показано, что доля примесей невелика (около 1%), и ею при дальнейшем анализе пренебрегали. Здесь же рассматривается вклад в отобранные события от упругого рассеяния K^0_L - мезонов в мишени -регенераторе. Показано, что с водородной мишенью этот вклад пренебрежимо мал (около 0,4%), а с дейтериевой равен 5,5%. Соответственно в программу моделирования событий была введена процедура учета упругого рассеяния нейтральных клонов в дейтериевой мишени-регенераторе. После этого совпадение между экспериментальными и моделированными событиями существенно улучшилось. Одно из самых чувствительных к экспериментальным ошибкам распределений показано на рис. 2.

В третьей главе даны основные результаты, полученные в настоящей диссертации. Описана процедура восстановления импульсного спектра клонов^{/22/}. На рис. 3 указаны спектры, полученные из $K^0_{\mu 3}$ - и $K^0_{\mu 3}$ - распадов с водородом^{/23/} и из $K^0_{\mu 3}$ -распадов с дейтерием. Знание спектра важно, так как он использовался в экспериментах по регенерации K^0 -мезонов, а также при получении информации о факторах в $K^0_{\mu 3}$ -распадах.

Здесь также описывается процедура получения информации о факторах $f_+(t)$ и $f(t)$ в так называемом "модельно-независимом анализе". В этом анализе, не делая никаких предположений о поведении факторов, получают значения f_{+i} и f_i в определенном интервале Δt_i . При этом, как было показано в работах^{/6,7/}, получают два набора значений факторов f_+ и f в каждом интервале переданных четырехмерных импульсов. Оба эти набора факторов согласуются с гипотезой линейной зависимости факторов. Результаты проделан-

Таблица I

Тип регенератора	Тип событий	Число событий	
		эксперимент	Монте-Карло
водород	кандидатов	159480	355770
	после отбора	82386	113815
дейтерий	кандидатов	127000	442950
	после отбора	67839	221156

Таблица 2

	t/m^2_μ	$f_+(t)/f_+(0)$	$f(t)/f(0)$
решение 1	,77	1,07±0,24	1,08±0,29
	1,28	1,09±0,07	1,02±0,12
	1,80	1,13±0,03	0,99±0,08
	2,31	1,11±0,03	1,04±0,08
	2,81	1,09±0,02	1,14±0,03
	3,33	1,15±0,03	1,12±0,06
	3,85	1,19±0,03	1,13±0,06
	4,36	1,18±0,04	1,16±0,06
	4,87	1,23±0,06	1,11±0,08
	5,38	1,33±0,16	1,02±0,21
решение 2	,77	1,07±0,24	1,02±0,27
	1,28	1,09±0,07	0,97±0,12
	1,80	1,17±0,03	0,84±0,08
	2,31	1,15±0,03	0,88±0,08
	2,81	1,24±0,02	0,57±0,04
	3,33	1,29±0,02	0,57±0,11
	3,85	1,34±0,02	0,47±0,08
	4,36	1,37±0,02	0,44±0,08
	4,87	1,42±0,03	0,36±0,12
	5,38	1,40±0,15	0,65±0,22

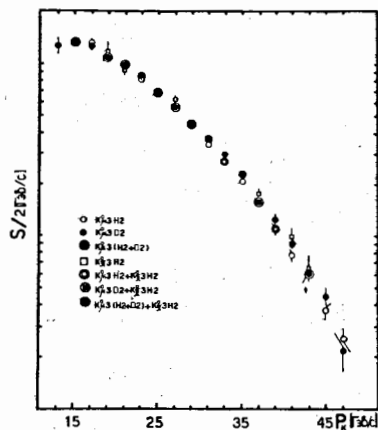


Рис.3. Спектр импульсов нейтральных каонов, рожденных во внутренней мишени ускорителя.

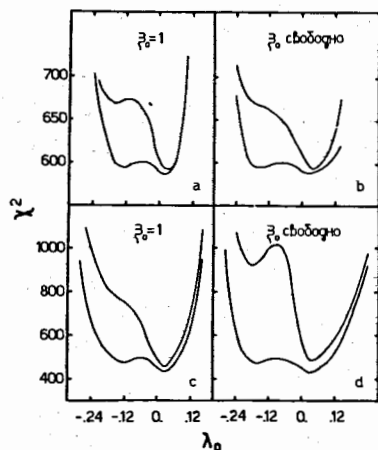


Рис.4. Зависимость функции χ^2 от λ_0 для водорода (а и в) и дейтерия (с и д). Нижние кривые - λ_+ - свободный параметр. Верхние кривые получены в предположении, что μ - e - универсальность справедлива.

ного анализа, объединенные для экспериментов с водородом и дейтерием, приведены в табл.2.

Два решения получаются и при определении параметров линейного разложения факторов в модельно-зависимом анализе. Этот анализ проводился при двух предположениях относительно параметра ξ_0 : ξ_0 - фиксирован и равен 1 и ξ_0 - свободен. На рис.4 (нижние кривые) показана зависимость $\chi^2(\lambda_0)$ при изменении λ_+ . Объединенные результаты анализа для экспериментов с водородом и дейтерием приведены в табл. 3.

Далее в этой главе описана процедура выбора одного из двух полученных нами решений. Из рис.4 видно, что обоим решениям соответствуют приблизительно одинаковые значения χ^2 и поэтому затруднительно выделить истинное решение без привлечения дополнительного условия. Мы предполагаем, что причина появления второго минимума содержится в форме самой функции, которой описывается плотность распределения событий в дальности-области. Для подтверждения этого предположения была проделана аналогичная процедура обработки, только в качестве экспериментальных событий была взята часть моделированных событий с определенными λ_+ , λ_0 и $\xi_0=1$. На рис.5 показан один из результатов проделанного анализа. При выбранных истинных значениях, соответствующих первому решению ($\lambda_0 > 0$), видна тенденция к образованию второго ложного минимума, соответствующего второму решению и наоборот.

Выбор в пользу одного из двух возможных решений можно сделать при привлечении гипотезы μ - e - универсальности, в рамках которой значения параметра λ_+ для $K_{\mu 3}$ -и $K_{e 3}$ -распадов должны совпадать. На рис.4 (верхние кривые) показан результат такого анализа в предположении, что μ - e - универсальность справедлива. Таким образом, можно считать, что истинным решением является то, для которого $\lambda_0 > 0$.

Таблица 3

Решение	Парметры	$\xi_0 = I$	ξ_0 своб.
I	λ_+ λ_0 ξ_0	$0,045 \pm 0,004$ $0,025 \pm 0,006$ I,	$0,044 \pm 0,004$ $0,025 \pm 0,008$ $1,004 \pm 0,015$
2	λ_+ λ_0 ξ_0	$0,077 \pm 0,002$ $-0,127 \pm 0,008$ I,	$0,084 \pm 0,002$ $-0,155 \pm 0,008$ $1,152 \pm 0,015$

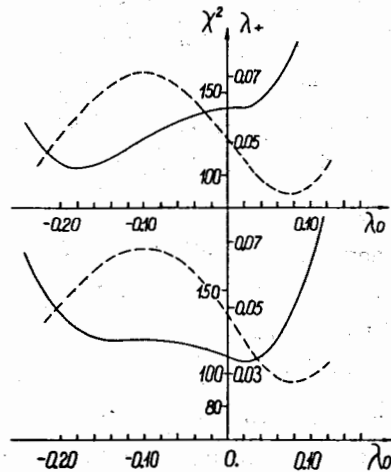


Рис. 5. Результаты моделирования эффекта двух минимумов методом Монте-Карло. Сплошными линиями показаны зависимости $\chi^2(\lambda_0)$ при $\xi_0 = I$. Пунктиром показаны соответствующие значения λ_+ .
В качестве истинных значений для верхнего графика были выбраны $\lambda_+ = 0,06$, $\lambda_0 = -0,18$ и для нижнего - $\lambda_+ = 0,03$, $\lambda_0 = 0,02$.

В конце третьей главы, предполагая, что в матричном элементе $K_{\mu\nu}^0$ -распада участвуют члены, ответственные за скалярную и тензорную связи, сделана оценка их величин по отношению к векторному формфактору f_+ . Результаты, полученные по вкладу скалярного и тензорного формфакторов в матричный элемент $K_{\mu\nu}^0$ -распада, приведены в табл. 4.

В четвертой главе проведено сравнение полученных нами результатов с данными других экспериментальных работ. Для формфакторов f_+ и f_- это показано на рис. 6. Видно, что первое наше решение хорошо согласуется с данными работ /24,25/, а второе с данными работ /26,27/. Сравнение параметров линейного разложения формфакторов со средними мировыми данными показывает неудовлетворительное согласие для параметра λ_+ и хорошее согласие для λ_0 .

Показано удовлетворительное согласие наших экспериментальных результатов с некоторыми теоретическими предсказаниями.

В заключение приведены основные результаты, полученные в диссертации:

1. Получены и исследованы зависимости скалярного и векторного формфакторов в $K_{\mu\nu}^0$ -распадах от четырехмерного импульса, переданного лептонной паре в интервале $0,015 \leq t \leq 0,105$ (ГэВ)². В каждом интервале Δt_i переданного импульса получены по два значения скалярного и векторного формфакторов.

2. Показано, что наши данные о зависимости скалярного и векторного формфакторов от четырехмерного импульса, переданного лептонной паре находятся в согласии с гипотезой об их линейной зависимости и что они находятся в качественном согласии с имеющимися экспериментальными данными из других работ: первое решение - с данными работ /24,25/, а второе - с данными работ /26,27/ (которые находятся в противоречии друг с другом).

Таблица 4

$ f_s/f_+ $	$ f_T/f_+ $
$0,03 \pm 0,02$ $\leq 0,05$ (68% у.д.)	$0,12 \pm 0,12$ $\leq 0,24$ (68% у.д.)

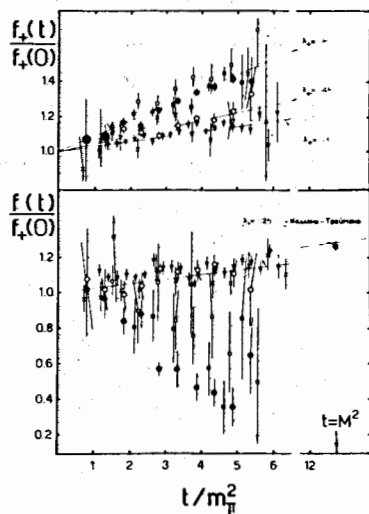


Рис.6. Сопоставление двух найденных нами решений с опубликованными ранее результатами. \circ , \bullet - наши данные для первого и второго решений, ∇ - работа /24/, $*$ - работа /25/, \blacksquare - работа /26/, \diamond - работа /27/.

3. Для параметров линейного разложения формфакторов получено (при $\gamma_0 = 1$):

первое решение: $\lambda_+ = 0,045 \pm 0,004$, $\lambda_0 = 0,025 \pm 0,006$

второе решение: $\lambda_+ = 0,077 \pm 0,002$, $\lambda_0 = -0,127 \pm 0,008$

Показано, что эти решения равновероятны. Выбор истинного решения может быть сделан в предположении μ -е -универсальности, что приводит к первому решению.

4. Методом Монте-Карло показано, что двойственность решений для формфакторов связана со структурой формулы, описывающей плотность распределения событий в далитц-области для $K^0_{\mu 3}$ -распада. Таким образом, наши результаты объясняют противоречия в результатах других экспериментальных работ, имеющих в литературе.

5. Показано, что нами данные по параметрам линейного разложения скалярного и векторного формфакторов в основном согласуются с их ожидаемыми теоретическими величинами, за исключением полюсной доминантности в векторной амплитуде $K^0_{\mu 3}$ -распада. Экспериментальное подтверждение теоремы мягких пионов указывает на правильность алгебры токов и ее следствия.

6. Исследован вклад скалярной и тензорной связей в матричный элемент $K^0_{\mu 3}$ -распада. Показано, что этот вклад составляет:

$$|f_s/f_+| = 0,03 \pm 0,02$$

$$|f_T/f_+| = 0,12 \pm 0,12, \text{ что}$$

находится в согласии с данными других работ.

7. Получен импульсный спектр K^0_L -мезонов из $K^0_{\mu 3}$ - и $K^0_{\pi 3}$ -распадов, который использовался также для получения результатов с опытах по трансмиссионной регенерации нейтральных каонов.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах /6,7/ и было представлено на Международной конференции по элементарным частицам в Экс-ан-Провансе, Франция (1973) и на Международном симпозиуме

по физике высоких энергий и элементарным частицам в Синае, Румыния (1973). Результаты работы^{/6/} включены также в Review of Particle Properties^{/28/}.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.H.Christenson et al., Phys.Rev.Lett., 13(1964)138.
2. V.K.Birulev, V.Genchev et al., JINR E1-6851, Dubna(1972); XVI Inter.Conf.on High Energy Physics, Batavia(1972) paper 929; The triangle seminar, Viena(1972).
3. К.-Ф.Альбрехт, ..., В.Генчев и др., ОИЯИ I-7427, Дубна(1973); III Межд.симп.по физ.высоких энергий и элем.частиц, Синая, СРР(1973)I73 ; II Inter.Conf.on Elem.Partic., Aix-En-Provence (1973) paper 446; Phys.Lett., 48B(1974)257.
4. К.-Ф.Альбрехт, ..., V.Genchev et al., JINR E1-7353, Dubna(1973); II Inter.Conf.on Elem.Partic., Aix-En-Provence(1973) paper 404; III Межд.симп.по физ.высоких энергий и элем.частиц, Синая, СРР(1973)I86 ; Nucl.Phys., B93(1975)237.
5. С.Г.Басиладзе и др., ОИЯИ PI-536I, Дубна(1970).
6. К.-Ф.Альбрехт, ..., V.Genchev et al., КФКИ 73-46, Budapest(1973); II Inter.Conf.on Elem.Partic., Aix-En-Provence(1973) paper 437; Я.Ф., 19(1974)1247; Phys.Lett., 48B(1974)393.
7. В.Генчев и др., ОИЯИ PI-9032, Дубна(1975).
8. И.М.Гешков, ..., В.И.Генчев и др., ОИЯИ PI-7925, Дубна(1974); XVII Inter.Conf.on High Energy Physics, London(1974) paper 638.
9. В.К.Бирулев, ..., В.И.Генчев и др., IV Межд.симп.по физ.высоких Энергий и элем.частиц, Варна, НРБ(1974)24I.
10. L.M.Chounet and M.K.Gaillard, CERN 70-14(1970); Phys.Lett., 32B(1970)505; L.M.Chounet et al., Phys.Rep., 4C(1972)199.

11. P.Dennery and H.Primakoff, Phys.Rev., 131(1963)1334.
12. Y.Nambu, D.Lurie, Phys.Rev., 125(1962)1429; Y.Nambu, E.Shrauner, Phys.Rev., 128(1962)862.
13. C.G.Callan and S.B.Treiman, Phys.Rev.Lett., 16(1966)153.
14. Б.В.Заневский и др., ОИЯИ PI3-5324, Дубна(1970).
15. В.К.Бирулев и др., ОИЯИ I-6660, Дубна(1972).
16. К.-Ф.Альбрехт и др., ОИЯИ I-7305, Дубна(1973).
17. В.К.Бирулев и др., ОИЯИ I-7307, Дубна(1973).
18. Л.Б.Голованов и др., ОИЯИ 8-54I6, Дубна(1970).
19. Д.Т.Борзунов и др., ОИЯИ 8-6598, Дубна(1973).
20. Д.Вестергомби, ОИЯИ PI0-7284, Дубна(1973).
21. К.-Ф.Альбрехт и др., ОИЯИ I-7549, Дубна(1973).
22. Г.Г.Тахтамшев, ОИЯИ 2543, Дубна(1966).
23. Д.Вестергомби, ..., В.Генчев и др., ОИЯИ I-7739, Дубна(1974); Я.Ф., 20(1974)371; XVII Inter.Conf.on High Energy Physics, London(1974) paper 637.
24. G.Donaldson et al., Phys.Rev.Lett., 31(1973)337; Phys.Rev., 9D(1974)2960.
25. R.Zdanis et al., II Inter.Conf.on Elem.Partic., Aix-En-Provence (1973) paper 318; Phys.Rev., D11(1975)457.
26. M.G.Albrow et al., Nucl.Phys., B44(1972)1.
27. E.Dally et al., Phys.Lett., 41B(1972)647.
28. Review of Particle Properties, Phys.Lett., 50B(1974).

Рукопись поступила в издательский отдел
20 января 1976 года.