

1 - 11035

ЭЛЬ-НАГИ
Ахмед

ПОИСК НОВЫХ КОРОТКОЖИВУЩИХ ЧАСТИЦ
В ФОТОЭМУЛЬСИИ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

старший научный сотрудник	Константин Дмитриевич
доктор физико-математических наук	ТОЛСТОВ
старший научный сотрудник	Борис Павлович
кандидат физико-математических наук	БАННИК

Официальные оппоненты:

старший научный сотрудник	Александр Львович
доктор физико-математических наук	ЛЮБИМОВ
старший научный сотрудник	Степан Агаронович
доктор физико-математических наук	БУНЯТОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий (ИФВЭ), г. Серпухов.

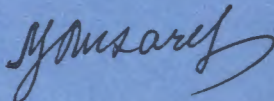
Автореферат разослан *"15" ноября* 1977 г.

Защита диссертации состоится *"22" декабря* 1977 г.

в час. на заседании Специализированного совета Д 047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединенного института
ядерных исследований, г. Дубна, Московской области, Лабора-
тория высоких энергий ОИЯИ, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета



М.Ф. Лихачев

Темой диссертации является поиск новых короткоживущих частиц. Исследования на эту тему тесно связаны с фундаментальными вопросами сильных взаимодействий и проблемами физики элементарных частиц вообще. В настоящее время повсеместно проявляется возрастающий интерес к кварковой модели. Одна из причин — с развитием представления о кварках связывают надежды на решение коренных проблем теории взаимодействий. Органическим следствием кварковой теории является существование семейства новых, "очарованных" частиц с временем жизни $\tau = (10^{-14} + 10^{-11})$ с. Экспериментальная проверка этого положения — поиск и изучение свойств очарованных частиц — очевидно имеет большое значение.

Работы, представленные в диссертации, выполнены с помощью метода фотоэмульсий. В силу высокого пространственного разрешения фотоэмульсионная камера является идеальным детектором короткоживущих частиц с временем жизни $\tau = (10^{-14} + 10^{-12})$ с.

Теория предсказывает сравнительно малое сечение рождения новых частиц. По этой причине экспериментальная работа была нацелена на набор максимально возможной статистики первичных взаимодействий, чтобы увеличить вероятность обнаружения редких распадов и иметь возможность оценить сечение рождения. Решение этой задачи было обеспечено использованием стандартной эмульсионной камеры и применением специально разработанного метода просмотра и наблюдения. В результате впервые была получена относительно высокая статистика: на 24000 первичных взаимодействий обнаружено 4 случая рождения и распада с испусканием лептона на уровне фона 10^{-3} . Впервые наблюдался надежно иден-

тифицированный лептонный распад заряженной короткоживущей частицы.

Значение полученных в диссертации результатов в основном состоит в следующем. Обнаружение четырех необычных распадов подтверждает существование новых короткоживущих частиц и стимулирует дальнейшие поиски. Экспериментальные данные по лептонным распадам позволяют частично установить природу так называемого прямого рождения лептонов в адрон-адронных взаимодействиях. Проведенная в диссертации систематизация мировых данных по новым частицам в фотоэмульсиях делает возможным более точно оценить степень их надежности.

Структура диссертации обусловлена необходимостью достаточно точно и, насколько возможно, кратко описать содержание исследований автора на тему диссертации. Изложение выполнено в естественной последовательности — введение в круг вопросов диссертации, важнейшие методические предпосылки, основной эксперимент, обсуждение результатов и выводы. В соответствии с этим диссертация состоит из четырех глав.

В главе I дан краткий обзор работ по поиску новых короткоживущих частиц в космических лучах и на ускорителях. Показывается целесообразность применения метода фотоэмульсий.

В главе II исследуются основные методические вопросы. Последовательно рассматриваются возможные источники фона ложных событий и способы их подсчета. Производятся оценки фона для мировых данных по новым частицам в фотоэмульсиях. Сравнение свойств двух типов эмульсионных камер позволило обосновать применение в эксперименте стандартной эмульсионной камеры. Анализ

методов наблюдения дал возможность выбрать оптимальный метод, обеспечивающий набор большой статистики первичных взаимодействий при достаточно высокой эффективности обнаружения распадов короткоживущих частиц.

В главе III описывается постановка эксперимента и результаты поиска новых частиц. Стопки фотоэмульсий типа БР-2 были облучены в пучках ускорителя Института физики высоких энергий (г. Серпухов). Одна стопка облучалась протонами с импульсом 70 ГэВ/с, при этом было найдено 14000 звезд от первичных взаимодействий, другая — Π -мезонами с импульсом 60 ГэВ/с, здесь число найденных первичных звезд составило около 10000. Поиск звезд производился при малом увеличении микроскопа. Это обеспечило быстрый набор статистики первичных взаимодействий. Случаи распадов искались при большом увеличении. Фотоэмульсия просматривалась в небольшом объеме в окрестности каждой найденной звезды на расстояниях до 100 мкм от точки взаимодействия. Такой способ наблюдения позволил сократить время поиска распадов. Эффективность обнаружения распада составила $\varepsilon \approx 0,7$.

При идентификации событий отбирались распады с испусканием лептонов. При этом резко уменьшалось соотношение фон-эффект по сравнению с другими модами распадов и облегчалась идентификация событий в целом, так как в фотоэмульсии идентификация электронов производится с большой степенью надежности. В целях идентификации на всех треках событий производились необходимые измерения относительной ионизации, угла вылета, импульса и пробеге. Наличие отдельного высокоэнергичного электрона среди заряженных продуктов распада служило основным необходимым признаком распада новой короткоживущей частицы.

В результате измерений и отбора было обнаружено 4 случая распада с испусканием электрона.

На рис. I-4 показаны схемы случаев и микрофотография одного из них. В таблицах I-IV даны основные параметры вторичных частиц.

Доказательством необычности обнаруженных распадов послужила пренебрежимо малая величина ожидаемого фона событий, которые могли бы имитировать распады короткоживущих частиц. Для оценки этого фона были проанализированы возможные причины появления следов отдельных электронов вблизи первичной звезды - распады известных нестабильных частиц с испусканием электронов и другие возможности:

- 1) Образование высокоэнергичной пары Далинца, у которой один из электронов проходит большое расстояние без заметных потерь энергии на излучение;
- 2) Высокоэнергичная пара Далинца, у которой один из компонентов имеет слишком малую энергию, чтобы быть зарегистрированным в фотоэмульсии;
- 3) Пара Далинца, у которой позитрон аннигилирует на очень коротком пути и поэтому не оставляет заметного следа;
- 4) Образование комптон-электрона γ -квантом, испущенным при распаде Π^0 -мезона;
- 5) Испускание высокоэнергичного δ -электрона на следе первичной частицы или на одном из следов вторичных частиц.

Расчет показал, что суммарный фон ложных событий должен составлять 10^{-3} случаев. Малая величина фона позволила считать все четыре найденные события распадами новых короткоживущих частиц.

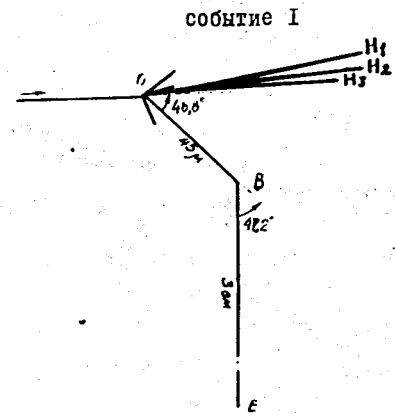


Рис. I. Микрофотография и схема случая № I

Таблица I

Характеристики случая № I

Т р е к	OB	BE	OH1	OH2	OH3
Угол испускания θ , град.	46,8	47,2	3,8	2,3	1,5
Азимутальный угол ψ , град.	162	174	79	90	121
Импульс, МэВ/с		390 ± 80	5900 ± 1100	9400 ± 1700	4300 ± 1400
Относительная ионизация	$1,97 \pm 0,35$	$0,94 \pm 0,05$	$0,98 \pm 0,06$	$0,96 \pm 0,05$	$1,01 \pm 0,06$
Длина трека, L, см	$45 \cdot 10^{-4}$	3	8	10	9

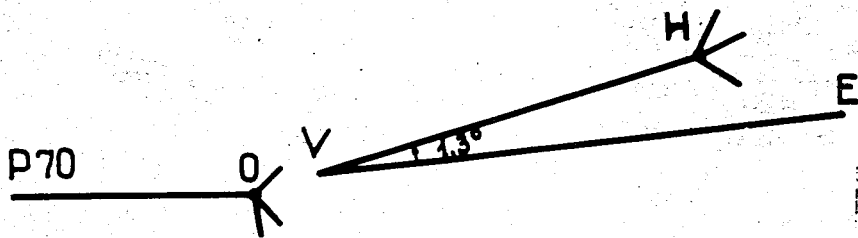


Рис. 2. Схема случая # 2

Таблица II

Характеристики случая # 2

Т р е к	OV	VH	VE
Угол испускания θ , град.	8,4	1,1	1,1
Азимутальный угол ψ , град.	357	352	281
Импульс, МэВ/с		2400 \pm 400	3500 \pm 650
Относительная ионизация ξ^*		1,05 \pm 0,06	1,01 \pm 0,05
Длина трека L , см	12 \cdot 10 $^{-4}$	1 ж)	8

ж) До вторичного взаимодействия.

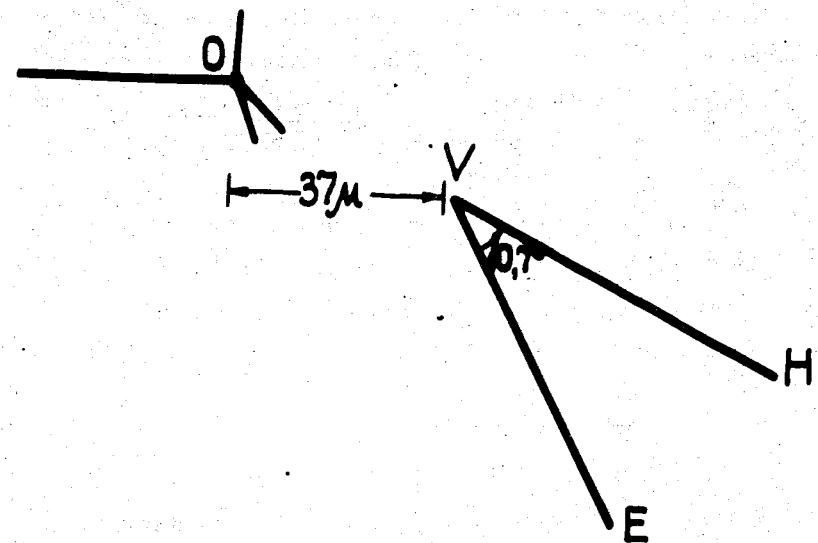


Рис. 3. Схема случая # 3

Таблица III

Характеристики случая # 3

Т р е к	OV	VH	VE
Угол испускания θ , град.	21,3	1,0	10,8
Азимутальный угол ψ , град.	156	114	192
Импульс, МэВ/с		4400 \pm 540	50 + 7
Относительная ионизация ξ^*		1,08 \pm 0,06	0,98 \pm 0,06
Длина трека L , см	37 \cdot 10 $^{-4}$	7	1

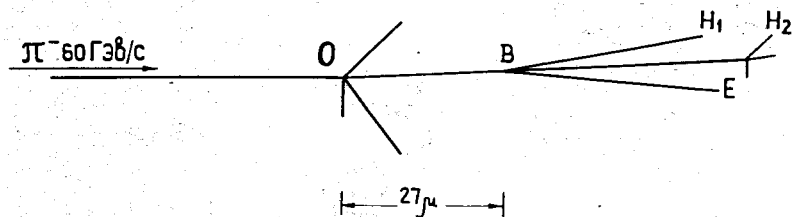


Рис. 4. Схема случая № 4

Таблица IV

Характеристики случая № 4

Т р е к	OB	BH1	BH2	BE
Угол испускания θ , град.	3,3	1,6	6,0	1,9
Азимутальный угол ψ , град.	333	306	90	219
Импульс, МэВ/с		2800 \pm 300	4300 \pm 400	1200 \pm 200
Относительная ионизация β^*		0,95 \pm 0,05	1,06 \pm 0,06	1,00 \pm 0,05
Длина трека L, см	27 \cdot 10 $^{-4}$	15	9	7

Глава IV посвящена определению характерных параметров новых частиц. Испускание нейтральных частиц при распадах не позволяло провести полную идентификацию событий и точное определение эффективных масс. Поэтому при некоторых естественных предположениях рассчитывалась средняя величина M_{av}^* эффективной массы M^* по формуле $M_{av}^* = \int M^*(\theta_p) d\Omega / 4\pi$, где θ_p - угол испускания нейтрального компонента. При тех же предположениях рассчитывалось время жизни до распада. Результаты вычислений для возможных схем распада представлены в таблице V. Средняя эффективная масса заключена в пределах (1 ± 3) ГэВ, а время жизни имеет величину (10 $^{-14}$ - 10 $^{-13}$) с.

При приближенной оценке сечения для первичных протонов и π^- -мезонов в совокупности было получено сечение генерации в расчете на один нуклон $\sigma \approx 5$ мкб. Ошибка определяется статистикой. На рис.5 показаны результаты наших работ совместно с опубликованными данными и кривыми возбуждения для рождения тяжелых частиц (\bar{K} , \bar{P} , $\bar{\Lambda}$ и "очарованных") работы T.K.Gaisser and F.Halzen (Phys. Rev., 14D, 3153, 1976).

В опытах по прямому рождению лептонов измеряется величина отношения числа рожденных электронов к числу π^0 -мезонов e^\pm/π^0 . На Серпуховском ускорителе получено значение $e^\pm/\pi^0 \leq 0,35 \cdot 10^{-4}$ (G.V.Bondarenko et al., Proc. XVth Intern. Conf. on High Energy Physics, Chicago-Batavia (1973) p. 329; V.V.Abramov et al., Communicated to the Int. Symp., Stanford (1975)). Из данных

диссертации следует $e^+/\pi^0 = 1,7 \cdot 10^{-4}$. Если учесть небольшую статистику найденных случаев и некоторое различие в условиях экспериментов, можно считать, что эта величина не противоречит данным, полученным в Серпухове. Отсюда следует вывод о том, что часть лептонов, наблюдаемых в опытах на Серпуховском ускорителе, обусловлена распадом новых короткоживущих частиц.

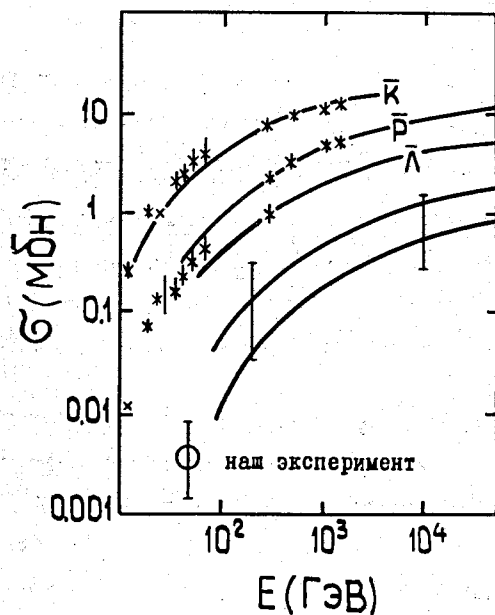


Рис.5.

Таблица У

Средняя эффективная масса и время жизни новых частиц

Номер	Предполагаемая мода распада	Эффективная масса M^* в ГэВ	Время жизни в с.
1	$\pi^0 e \nu$	0,76	$1,42 \cdot 10^{-13}$
	$K^0 e \nu$	0,98	$1,44 \cdot 10^{-13}$
	$\Sigma^0 e \nu$	1,62	$1,48 \cdot 10^{-13}$
2	$\pi e \nu$	1,00	$0,68 \cdot 10^{-14}$
	$K e \nu$	1,28	$0,85 \cdot 10^{-14}$
	$P e \nu$	1,80	$1,18 \cdot 10^{-14}$
	$\Sigma e \nu$	2,13	$1,37 \cdot 10^{-14}$
	$\Xi e \nu$	2,30	$1,46 \cdot 10^{-14}$
	$\Omega e \nu$	2,78	$1,72 \cdot 10^{-14}$
3	$\pi e \nu$	0,91	$2,48 \cdot 10^{-14}$
	$K e \nu$	1,05	$2,84 \cdot 10^{-14}$
	$P e \nu$	1,34	$3,58 \cdot 10^{-14}$
	$\Sigma e \nu$	1,54	$4,06 \cdot 10^{-14}$
	$\Xi e \nu$	1,65	$4,31 \cdot 10^{-14}$
	$\Omega e \nu$	1,96	$5,00 \cdot 10^{-14}$
4	$\pi \pi e \nu$	2,34	$4,00 \cdot 10^{-14}$
	$\pi K e \nu$	2,40	$4,10 \cdot 10^{-14}$
	$K \pi e \nu$	2,50	$4,20 \cdot 10^{-14}$

Заключение. Основные результаты диссертации.

Сравнительный анализ свойств двух типов эмульсионных камер и способов просмотра фотоэмульсии позволили обосновать применение стандартной камеры для регистрации короткоживущих частиц, а также выбрать метод наблюдения, обеспечивающий набор большой статистики первичных взаимодействий при достаточно высокой эффективности поиска распадов новых частиц.

Систематическое исследование фона ложных событий дало возможность производить надежные оценки его величины.

При исследовании 24000 взаимодействий протонов с импульсом 70 ГэВ/с и Π^- -мезонов с импульсом 60 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии наблюдались 4 лептонных распада новых короткоживущих частиц — двух нейтральных и двух заряженных. Лептонные распады заряженных частиц наблюдались впервые.

Среднее время жизни новых частиц $\tau \approx (10^{-13} + 10^{-14})$ с, средняя эффективная масса $M^{\pm} = (1 + 3)$ ГэВ, сечение генерации $\sigma \sim 5$ мкб.

Сравнивая величину отношения числа электронов к числу Π^0 -мезонов e^{\pm}/Π^0 , полученную в данном эксперименте, с величиной, наблюдаемой в опытах по прямому рождению лептонов на Серпуховском ускорителе, можно сделать вывод о том, что часть лептонов, наблюдаемых в опытах по прямому рождению, обусловлена распадом новых короткоживущих частиц.

Основные результаты диссертации докладывались на Международной конференции по космическим лучам (Пловдив, 1977 г.), были представлены на Европейской конференции по физике частиц (Будапешт, 1977 г.) и на Международном симпозиуме по новым частицам и структуре адронов (Токио, 1977 г.).

Работы, на основе которых написана диссертация, проводились согласно тематическому плану научно-исследовательских работ Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и были опубликованы в печати:

1. Эль-Наги А. Поиск новых короткоживущих частиц в фотоэмульсиях. ОИЯИ, ДИ-108II, Дубна, 1977 г.
2. Поиск новых короткоживущих частиц в столкновениях протонов 70 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии. Письма в ЖЭТФ, 25, 589, 1977.
Совместно с Б.П. Банником, И. Бободжановым, А. Дж. Саломовым и др.
3. Поиск новых короткоживущих частиц в столкновениях Π^- -мезонов 60 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии. Письма в ЖЭТФ, 26, 399, 1977.
Совместно с Б.П. Банником, И. Бободжановым, В.А. Лескиным и др.
4. Search for New short-lived particles in Π^- -meson collisions with Emulsion Nuclei at 60 GeV/c. JINR, E1-10870, Dubna, 1977. B.P. Bannik, I. Bobodjanov, A. El-Naghy et al.

Рукопись поступила в издательский отдел

28 октября 1977 года.