



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

На правах рукописи

2000–49

Попов Алексей Валерьевич

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ $\omega\pi^-\pi^0$
МЕТОДОМ ПАРЦИАЛЬНО-ВОЛНОВОГО
АНАЛИЗА**

01.04.23 - физика высоких энергий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Протвино 2000

УДК 519.254

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г.Протвино).

Научные руководители: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук С.П. Денисов, кандидат физико-математических наук Д.И. Рябчиков.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук Е.М. Лейкин (НИИЯФ МГУ), доктор физико-математических наук С.В. Донсков (ИФВЭ).

Ведущая организация – Институт ядерных исследований РАН (г. Москва).

Защита диссертации состоится “_____” _____ 2000 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 034.02.01 при Институте физики высоких энергий по адресу: 142284, г. Протвино Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “_____” _____ 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 034.02.01

Ю.Г. Рябов

© Государственный научный центр
Российской Федерации
Институт физики высоких энергий, 2000

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Изучение свойств мезонных резонансов является одной из важнейших проблем адронной спектроскопии.

Существующие экспериментальные данные по образованию и распаду мезонных резонансов в основном согласуются с так называемой “наивной” кварковой моделью, которая рассматривает мезоны как состоящие из пары кварк–антикварк. Вместе с тем, актуален вопрос о существовании так называемых “экзотических” мезонов.

Квантовая хромодинамика предсказывает существование связанных состояний, отличных от “традиционных” мезонов ($q\bar{q}$) и барионов (qqq). Например, два или три глюона могут быть связаны через обмен виртуальными глюонами. Такие связанные состояния нескольких глюонов называются глюболами. Возможны также связанные состояния глюона, кварка и антикварка — гибридные мезоны или просто гибриды ($gq\bar{q}$), и связанные состояния двух кварков и двух антикварков — ($qq\bar{q}\bar{q}$). Все эти типы состояний называют “экзотическими” мезонами.

Изучение свойств неэкзотических мезонов, а также вопрос о существовании экзотических связанных состояний важны для понимания фундаментальной природы строения вещества.

Эксперимент E852, в котором были получены данные, используемые в представленном здесь анализе, является одним из экспе-

риментов, в которых проводились поиск и изучение экзотических мезонных состояний. Этот эксперимент проходил в Брукхейвенской Национальной Лаборатории (США) на Многочастичном Спектрометре (Multi-Particle Spectrometer), находящемся на ускорителе AGS.

Цель диссертационной работы. Целью данной работы является экспериментальное исследование реакции

$$\pi^- p \rightarrow \omega \pi^- \pi^0 p. \quad (1)$$

Исследовались два промежуточных состояния данной реакции:

$$\pi^- p \rightarrow Y^- p, \quad (2)$$

- $\omega(782)\rho(770)$

$$Y^- \rightarrow \omega(782)\rho^-(770), \quad \omega(782) \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0, \quad \rho^-(770) \rightarrow \pi^-\pi^0, \quad (3)$$

- $b_1(1235)\pi$

$$Y^- \rightarrow b_1^{0/-}(1235)\pi^{-/0}, \quad b_1^{0/-} \rightarrow \omega(782)\pi^{0/-}, \quad \omega(782) \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0. \quad (4)$$

Автор защищает:

- развитие методики масс-зависимого анализа с одновременным включением в фит нескольких волн с различными J^P ;
- результаты масс-независимого парциально-волнового анализа реакции $\pi^- p \rightarrow \omega \pi^- \pi^0 p$ на базе экспериментальных данных, полученных на установке MPS (Multi Particle Spectrometer) в эксперименте E852 (BNL);
- результаты масс-зависимого анализа этой реакции как по методу χ^2 с использованием результатов масс-независимого анализа, так и по методу максимального правдоподобия одновременно для всех событий из широкого массового интервала.

Научная новизна и практическая ценность.

Впервые изучена реакция (1) на протонной мишени.

Впервые для данной реакции проведен масс-зависимый анализ с одновременным включением в фит нескольких волн с различными J^P .

Впервые для данной реакции был проведен глобальный масс-зависимый анализ по методу максимального правдоподобия одновременно для всех событий из широкого массового интервала.

В $b_1(1235)\pi$ -системе обнаружена статистически-значимая парциальная волна с квантовыми числами $J^P = 1^-$ и получены указания на наличие в ней экзотического резонанса с массой 1.6 ГэВ — $\pi_1(1600)$.

Исследованы волны с квантовыми числами $J^P = 0^-, 2^+, 2^-, 3^+, 4^+$, в которых были обнаружены сигналы от резонансов $a_2(1320)$, $\pi(1800)$, $\pi_2(1900)$, $a_3(1900)$, $a_4(2040)$.

Публикации. По результатам выполненных исследований имеется 6 публикаций.

Апробация работы. Основные результаты, использованные в диссертации, докладывались на международной конференции по адронной спектроскопии “HADRON97”.

Структура диссертации. Работа изложена на 86 страницах, состоит из введения, трех глав и заключения, содержит 44 рисунка, 2 таблицы и список цитируемой литературы, включающий 56 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе содержится описание экспериментальной установки.

Экспериментальные данные, использовавшиеся для анализа, получены в эксперименте E852 (Брукхейвенская Национальная Лаборатория, США) в ходе сеанса 1995 года. Эксперимент проходил на Многочастичном Спектрометре (Multi-Particle Spectrometer). Измерения выполнены на вторичном пучке отрицательных пионов ускорителя AGS с энергией 18 ГэВ. Сам Многочастичный Спектрометр состоит

из нескольких основных компонентов, некоторые из которых были специально добавлены для проведения эксперимента E852. Магнит детектора обеспечивает поле в 1 Т для определения импульсов заряженных частиц. В эксперименте используется жидководородная мишень, окруженная цилиндрической дрейфовой камерой, необходимой для регистрации протонов отдачи, и CsI-детектором для регистрации фотонов низкой энергии. Внутри магнита установлены дрейфовые и пропорциональные камеры. Для регистрации фотонов высокой энергии используется калориметр из свинцового стекла (Lead Glass Detector, LGD). Эта комбинация детекторов делает возможным изучение широкого спектра реакций и состояний, включающих в себя состояния с несколькими заряженными пионами и нейтральными частицами: $\pi^- p \rightarrow N\pi^+ M\pi^- K\gamma p'(n)$, где N, M, K — целые числа.

Общая схема установки показана на рис. 1.

Во второй главе изложен метод парциально-волнового анализа для случая мезонных конечных состояний.

В основе метода парциально-волнового анализа (ПВА) для мезонных конечных состояний лежит изобарная модель, следуя которой в реакции

$$\pi^- N \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n N, \quad (5)$$

где $X_1 X_2 \dots X_n$ — мезонное конечное состояние, регистрируемое установкой, N — начальное и конечное состояния нуклона, происходит вначале образование промежуточного состояния Y

$$\pi^- N \rightarrow Y N, \quad (6)$$

которое затем распадается на конечную систему мезонов

$$Y \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n, \quad (7)$$

причем распад состояния Y происходит через последовательность квазидвухчастичных распадов:

$$Y \rightarrow Y_1 Y_2, \quad Y_1 \rightarrow Y_3 Y_4 \dots \quad Y_M \rightarrow X_1 X_2. \quad (8)$$

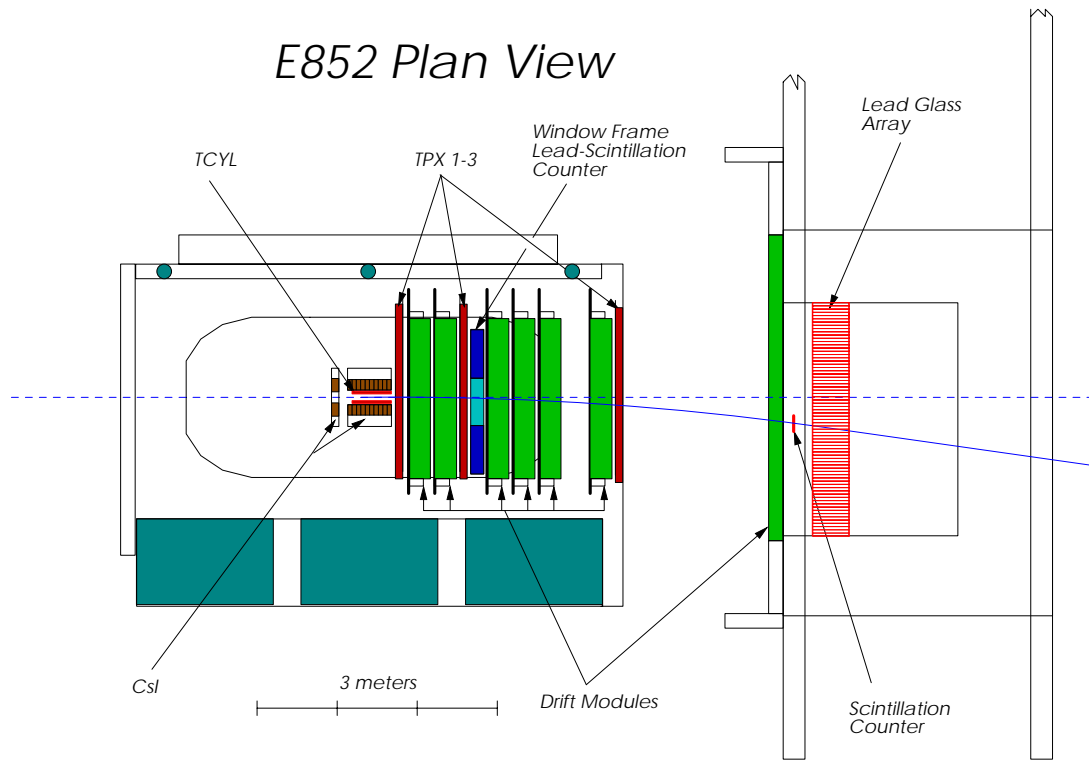


Рис. 1. Общий вид установки: TCYL — цилиндрическая дрейфовая камера; CsI — детектор для регистрации фотонов низкой энергии; TPX 1-3 — пропорциональные камеры.

Предполагается, что образование состояния Y происходит путем обмена в t -канале мезонной траекторией Редже, обладающей определёнными характеристиками: изоспином $I_{exchange}$, G -четностью, а также натуральностью $\eta_{exchange} = P_{exchange}(-1)^{J_{exchange}}$. Данные характеристики обменной частицы накладывают определённые ограничения на квантовые числа состояния Y , а также на его спиновую матрицу плотности в специально выбранной системе отсчёта — системе Готтфрида–Джексона. Удобно ввести амплитуды с определённой четностью при отражении относительно плоскости XZ в системе Готтфрида–Джексона. В данном базисе $2J + 1$ состояний, соответствующих различным проекциям полного спина J , перечисляются различными значениями M^η , где $M \geq 0$, а $\eta = \pm 1$.

Многомерная функция плотности вероятности для частиц изучаемого конечного состояния $P(\tau)$, где τ обозначает переменные многочастичного фазового пространства, представляется как произведение эрмитовой матрицы плотности ρ_{nm} (элементы которой являются параметрами фита и оптимизируются) на билинейную форму произведений амплитуд $f_n^\eta(\tau)$

$$P(\tau) = \sum_{\eta} \sum_{nm} \rho_{nm}^{\eta} f_n^{\eta}(\tau) f_m^{\eta*}(\tau). \quad (9)$$

Здесь индекс $n(m)$ нумерует различные промежуточные состояния и их квантовые числа, амплитуды которых введены в фит, а η обозначает натуральность состояний.

Поиск наилучших элементов матрицы плотности, при которых смоделированная плотность вероятности наиболее близка к экспериментальной, осуществляется методом максимального правдоподобия для всех событий из узкого интервала по массе (массового бина), т.е. определяется максимум следующего функционала

$$L = \sum_{i=1, N} \ln \sum_{nm} \rho_{nm} f_n(\tau_i) f_m^*(\tau_i) - N \sum_{kl} \rho_{kl} \int f_k(\tau) f_l^*(\tau) \varepsilon(\tau) d\tau. \quad (10)$$

Здесь в первом члене производится суммирование по всем N экспериментальным событиям в данном узком массовом интервале, а

второй член представляет собой интеграл нормировки от модельной плотности вероятности, с учётом функции эффективности установки $\varepsilon(\tau)$, зависящей от переменных многочастичного фазового пространства. Суммирование по η в обоих членах опущено для упрощения формулы.

В этой главе также рассматривается методика проведения масс-независимого анализа как по методу χ^2 с использованием результатов масс-независимого ПВА, так и по методу максимального правдоподобия одновременно для всех событий из широкого массового интервала.

В третьей главе представлены результаты исследования реакции

$$\pi^- p \rightarrow \omega \pi^- \pi^0 p, \quad \omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0. \quad (11)$$

Как показал предварительный анализ, в массовом спектре по $M(\pi^+ \pi^- \pi^0)$ ясно виден сигнал от $\omega(782)$ -мезона, в массовом спектре по $M(\pi^- \pi^0)$ ясно виден сигнал от $\rho^-(770)$ -мезона, а сигналы от $b_1^-(1235)$ - и $b_1^0(1235)$ -мезонов видны в массовом спектре по $M(\omega \pi^- / \pi^0)$ и, таким образом, существенная доля событий в конечном состоянии $\omega \pi^- \pi^0$ является продуктом распада промежуточных состояний $\omega \rho^-$ и $b_1^{-/0}(1235) \pi^{0/-}$.

ПВА системы $b_1(1235)\pi$ показал, что волна $J^P = 1^-$ является важной и статистически значимой. Ее образование соответствует обмену реджеонами с положительной натуральностью, аналогично тому, как происходит дифракционное образование $a_2^-(1320)$ -мезона в реакции $\pi^- p \rightarrow a_2^-(1320)p$. Более того, необходимо заметить, что в области 1.5–1.8 ГэВ по инвариантной массе $M_{b_1\pi}$ наблюдается рост фазы волны $1^- b_1 \pi$ относительно доминирующей волны $2^+ \omega \rho$, что является указанием на наличие в волне $1^- b_1 \pi$ экзотического резонанса $\pi_1(1600)$.

В системе $\omega(782)\rho(770)$ также наблюдается статистически значимая волна $J^P = 1^-$, хотя и без ярко выраженного движения фазы относительно доминирующих волн в этой системе.

Доминирующими волнами в системе $\omega(782)\rho(770)$ являются волны с квантовыми числами $J^P = 2^+, 0^-, 2^-, 4^+$. Доминирующими волнами в системе $b_1(1235)\pi$ являются волны с $J^P = 1^-, 1^+, 2^-, 3^+$. При этом в волнах $0^-\omega\rho, 2^-\omega\rho, 4^+\omega\rho, 3^+b_1\pi$ наблюдается существенный рост фаз относительно $2^+\omega\rho$ -волны, показывающий их резонансную природу и отражающий вклад в эти волны резонансов типа $\pi(1800), \pi_2(1670), a_4(2040), a_3(1900)$, а также радиальных возбуждений типа $\pi_2(1900)$. В волне $2^+\omega\rho$ ясно виден пик от $a_2(1320)$ -мезона, а также “горбообразная” структура в области 1.75 ГэВ по инвариантной массе $M_{\omega\rho}$, наиболее вероятная природа которой — пороговый эффект в канале $\omega\rho$.

В ходе исследования реакции $\pi^-p \rightarrow \omega\pi^-\pi^0p$ был проведен масс-зависимый анализ как по методу χ^2 , так и глобальные логарифмические фиты. В первом случае использовался ограниченный набор волн, в который вошли волны, представляющие наибольший интерес. В канале $\omega\rho$ это волны с $J^P M^n L S = 2^+1^+ S; 0^-0^+ P 1; 2^-0^+ P 1, 2; 4^+1^+ D 2$. Здесь L обозначает орбитальный момент системы, а S — суммарный внутренний спин ω и ρ . В канале $b_1\pi$ рассматривались волны с $J^P M^n L = 1^-1^+ S; 3^+0^+ F$.

В случае глобальных логарифмических фитов используемый набор волн совпадал с набором волн в масс-независимом ПВА. При этом некоторые волны, интерпретация которых затруднена на данном этапе исследований, описывались либо кусочно-постоянными в ряде заданных массовых бинов комплексными функциями, либо комплексными полиномами Чебышева ограниченной степени. Для масс и ширин резонансов, полученных из фита χ^2 , приведены значения как статистических, так и систематических ошибок. Для глобального логарифмического фита приведены только статистические ошибки. Это связано с тем, что фит требует очень больших затрат вычислительного времени и поэтому, к моменту написания этой работы, не удалось накопить необходимую статистику фитов для вычисления систематических ошибок.

Ниже приведена сборная таблица результатов масс-зависимого анализа как для фита по методу χ^2 , так и для глобального логарифмического фита.

Волна	χ^2 -фит	Глобальный фит
$a_2(1320)$	$M = 1307 \pm 2 \pm 4$ МэВ $\Gamma = 110 \pm 3 \pm 8$ МэВ	$M = 1313 \pm 1$ МэВ $\Gamma = 119 \pm 3$ МэВ
0^- Первый резонанс	$M = 1475 \pm 27$ МэВ $\Gamma = 355 \pm 41$ МэВ	$M = 1381 \pm 23$ МэВ $\Gamma = 363 \pm 38$ МэВ
$0^- \pi(1800)$	$M = 1781 \pm 12 \pm 23$ МэВ $\Gamma = 204 \pm 26 \pm 64$ МэВ	$M = 1774 \pm 8$ МэВ $\Gamma = 188 \pm 12$ МэВ
1^- Первый резонанс $\pi_1(1600)$	$M = 1583 \pm 6 \pm 17$ МэВ $\Gamma = 235 \pm 15 \pm 37$ МэВ	$M = 1574 \pm 13$ МэВ $\Gamma = 266 \pm 21$ МэВ
1^- Второй резонанс	- -	$M = 1960 \pm 15$ МэВ $\Gamma = 195 \pm 41$ МэВ
2^- Второй резонанс $\pi_2(1900)$	$M = 1868 \pm 11 \pm 34$ МэВ $\Gamma = 327 \pm 19 \pm 53$ МэВ	$M = 1890 \pm 10$ МэВ $\Gamma = 343 \pm 22$ МэВ
$3^+ a_3(1900)$	$M = 1895 \pm 7 \pm 17$ МэВ $\Gamma = 240 \pm 13 \pm 59$ МэВ	$M = 1872 \pm 11$ МэВ $\Gamma = 269 \pm 19$ МэВ
$4^+ a_4(2040)$	$M = 1933 \pm 5 \pm 23$ МэВ $\Gamma = 226 \pm 11 \pm 30$ МэВ	$M = 1950 \pm 6$ МэВ $\Gamma = 227 \pm 11$ МэВ

Здесь необходимо отметить, что глобальный логарифмический фит дает указание на наличие и статистическую значимость объекта в области 1.9–2.0 ГэВ в волнах с $J^P = 1^-$.

На рис. 2–8 показаны как интенсивности, так и относительные фазы (с волной $2^+\omega\rho$) основных парциальных волн с наложением результатов как фита χ^2 , так и глобального логарифмического фита.

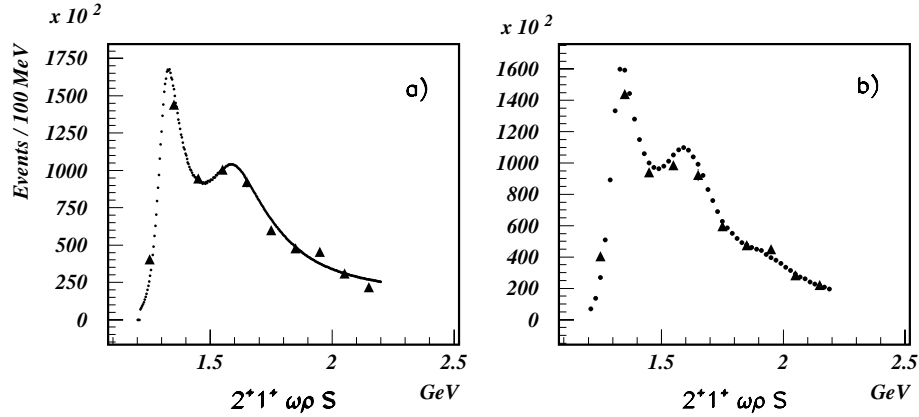


Рис. 2. Отфитированные интенсивности волны $2^+1^+ \omega\rho S$: а) фит χ^2 ; б) глобальный логарифмический фит.

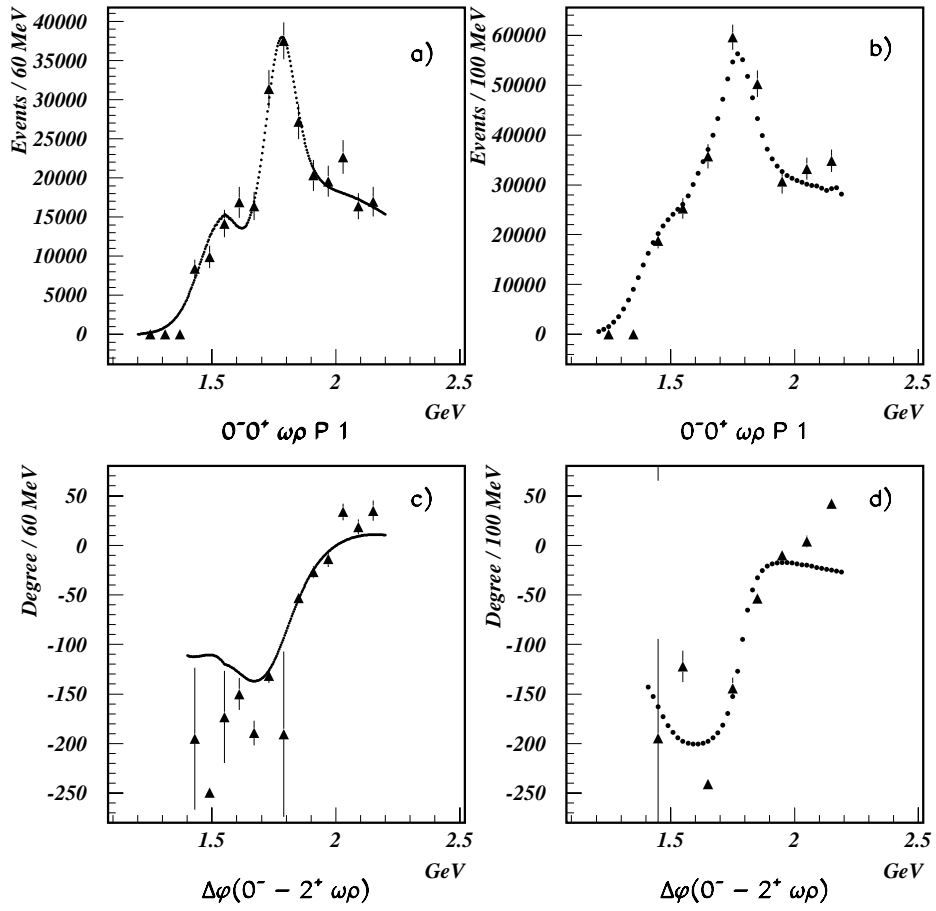


Рис. 3. Отфитированные интенсивности и фазы волн с $J^P M^\eta = 0^-0^+$:
 а) и с) фит χ^2 ; б) и д) глобальный логарифмический фит.

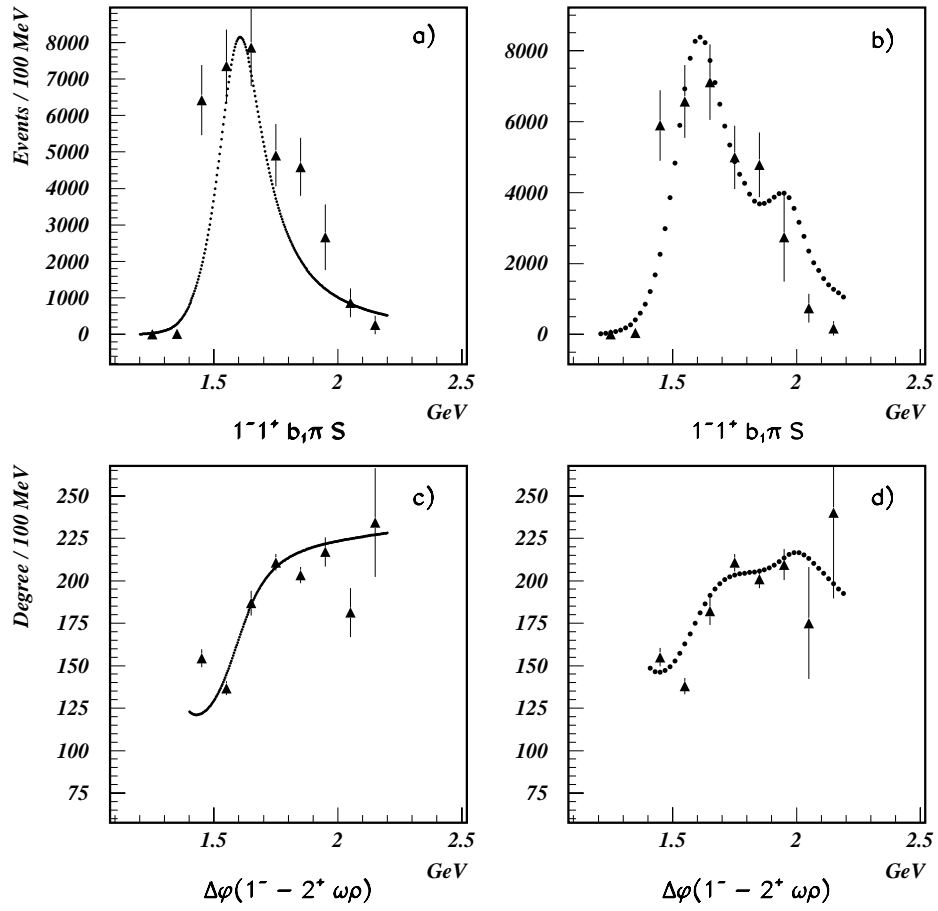


Рис. 4. Отфитированные интенсивности и фазы волны с $J^P M^\eta = 1^{-1^{+}} b_1 \pi S$: а) и с) фит χ^2 ; б) и д) глобальный логарифмический фит.

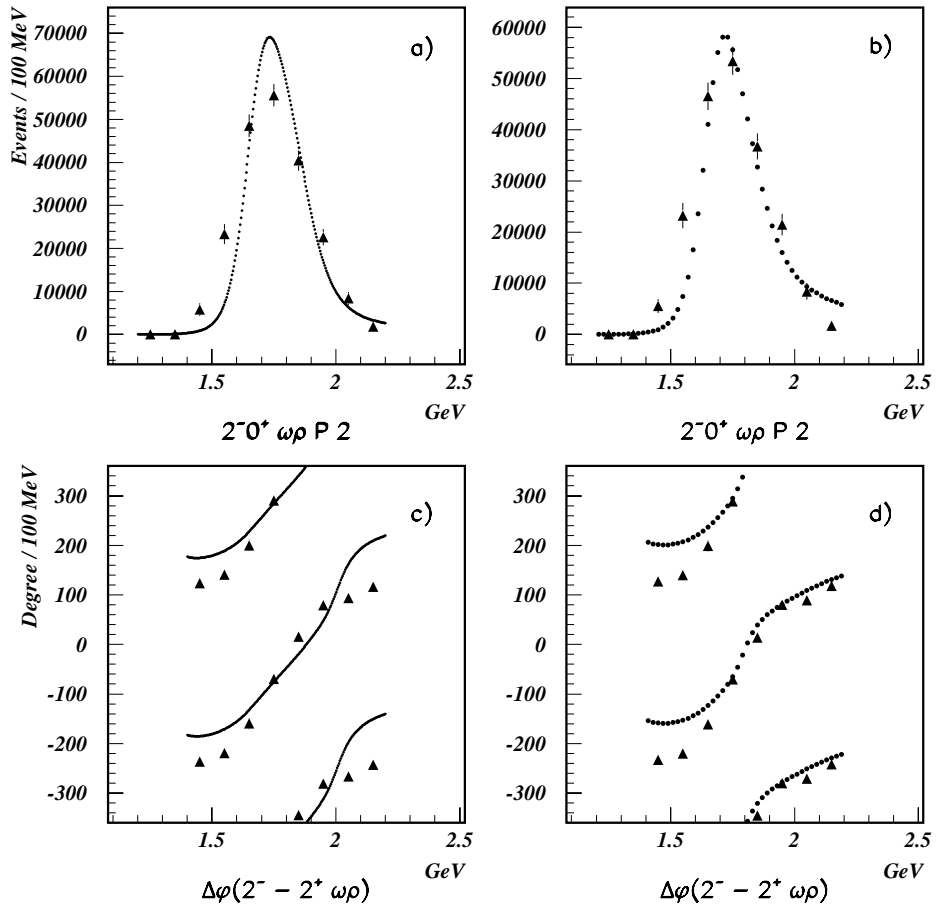


Рис. 5. Отфитированные интенсивности и фазы волны с $J^P M^\eta = 2^{-}0^{+} \omega \rho P 2$: а) и с) фит χ^2 ; б) и d) глобальный логарифмический фит.

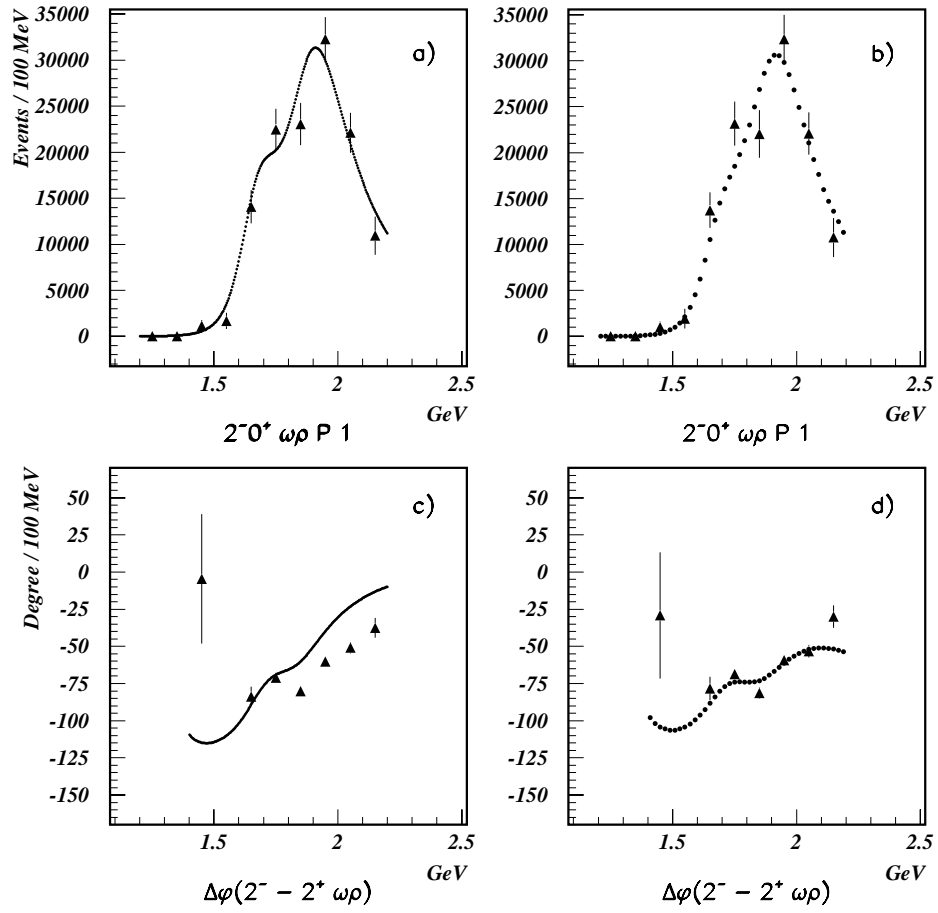


Рис. 6. Отфитированные интенсивности и фазы волны с $J^P M^\eta = 2^-0^+ \omega \rho P 1$: а) и с) фит χ^2 ; б) и д) глобальный логарифмический фит.

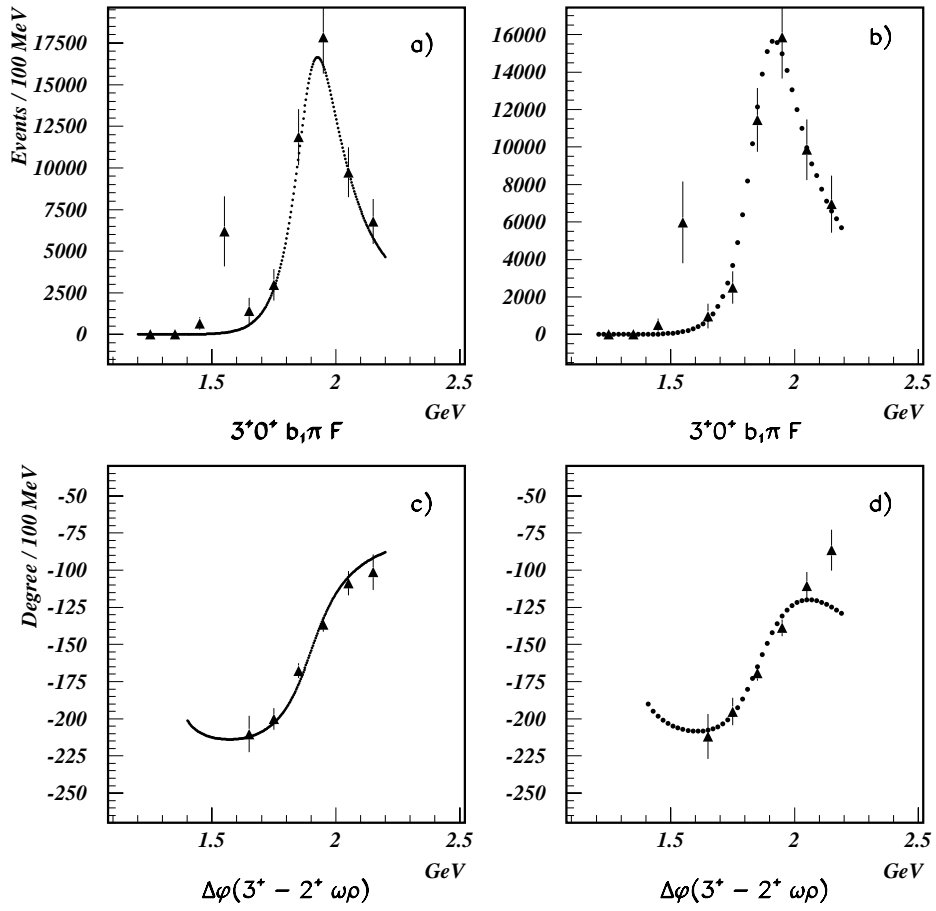


Рис. 7. Отфитированные интенсивности и фазы волны с $J^P M^\eta = 3^+0^+ b_1 \pi F$: а) и с) фит χ^2 ; б) и д) глобальный логарифмический фит.

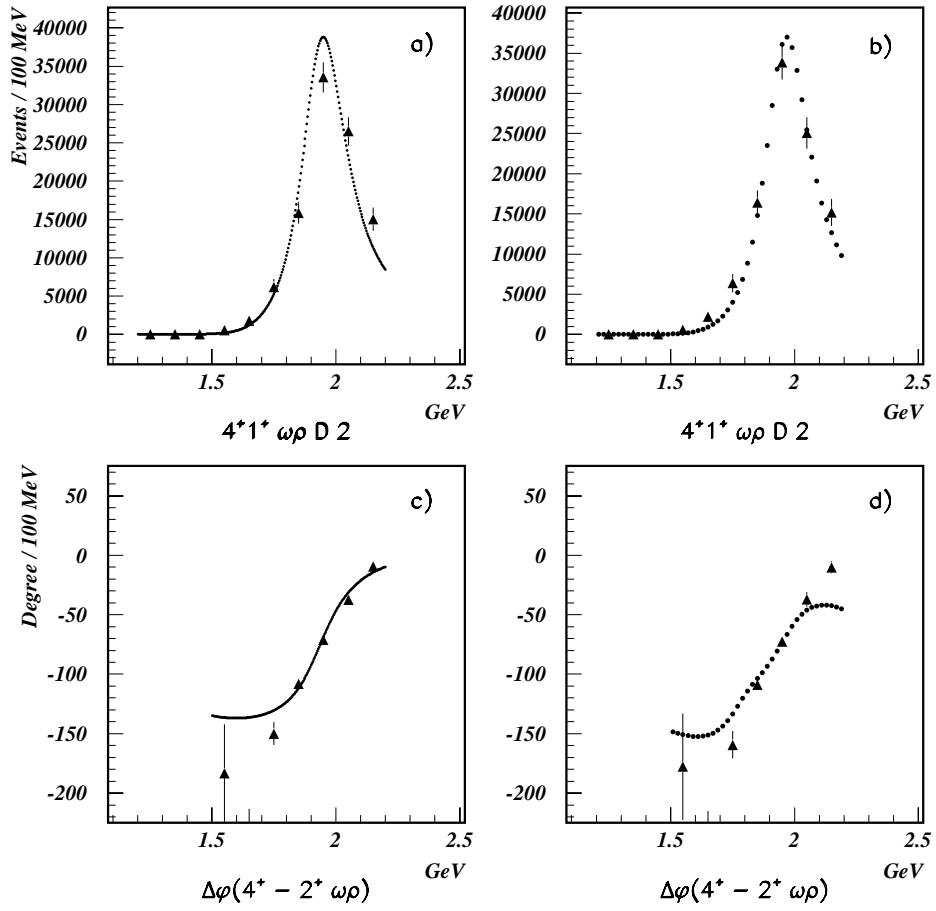


Рис. 8. Отфитированные интенсивности и фазы волны с $J^P M^\eta = 4^+1^+ \omega \rho D 2$: а) и с) фит χ^2 ; б) и д) глобальный логарифмический фит.

В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертации:

1. Используя данные, полученные в эксперименте E852, впервые исследована реакция $\pi^- p \rightarrow \omega \pi^- \pi^0 p$ на протонной мишени. Проведены парциально-волновой и масс-зависимый анализы системы $\omega \pi^- \pi^0$. При этом впервые для данной реакции проведен масс-зависимый анализ с одновременным включением в фит нескольких волн с различными J^P , а также впервые для данной реакции был проведен глобальный масс-зависимый анализ по методу максимального правдоподобия одновременно для всех событий из широкого массового интервала.
2. Показано, что в канале $\omega(782)\rho(770)$ доминирующими являются волны с $J^P M^\eta = 2^+ 1^+, 0^- 0^+, 2^- 0^+, 4^+ 1^+$.
В волне $J^P M^\eta = 2^+ 1^+$ обнаружено присутствие $a_2(1320)$ -мезона, что говорит о наличии моды распада $a_2(1320) \rightarrow \omega \pi^- \pi^0$.
В волне $J^P M^\eta = 0^- 0^+$ обнаружен значимый сигнал от $\pi(1800)$ -мезона. Масс-зависимый анализ дает некоторые указания на возможность присутствия в этой волне еще одного объекта в области 1.3–1.5 ГэВ.
Результаты как масс-независимого, так и масс-зависимого ПВА дают основание рассматривать волну $J^P M^\eta = 2^- 0^+$ как суперпозицию двух резонансных состояний — хорошо известного $\pi_2(1670)$ -мезона и еще одного объекта в области 1.9 ГэВ, который также демонстрирует резонансное поведение.
В волне $J^P M^\eta = 4^+ 1^+$ обнаружен сигнал от $a_4(2040)$ -мезона, распадающегося по каналу $a_4(2040) \rightarrow \omega(782)\rho(770)$.
В канале $b_1(1235)\pi$ доминирующими являются волны с $J^P M^\eta = 1^+ 0^+, 1^- 1^+, 3^+ 0^+$. В этом канале статистически значима волна с квантовыми числами $J^P M^\eta = 1^- 1^+$. Как масс-независимый, так и масс-зависимый анализы дают указания на наличие в этой волне экзотического резонанса в области 1.6 ГэВ ($\pi_1(1600)$). Глобальный логарифмический фит также дает указание на наличие и статистическую значимость объекта в области 1.9–2.0 ГэВ в $1^- 1^+$ -волнах.

В волне $J^P M^\eta = 3^+0^+$ впервые для этой системы наблюден сигнал от распада $a_3(1900) \rightarrow b_1(1235)\pi$.

Список литературы

- [1] **A. Попов** and D. Ryabchikov. “A study of the reaction $\pi^-p \rightarrow \omega\pi^-\pi^0p$ at 18 GeV/c”. — In: Proc. of VIIIth Int. Conf. on Hadron Spectroscopy, 1997, Upton, New York, edited by S. Chung and H. Willutzki (American Institute of Physics Conference Proceedings, No.432), p.373.
- [2] A. Ostrovidov, G.S. Adams, T. Adams, Z. Bar-Yam, J.M. Bishop, V.A. Bodyagin, B.B. Brabson, D.S. Brown, N.M. Cason, S.U. Chung, R.R. Crittenden, J.P. Cummings, K. Danyo, S. Denisov, V. Dorofeev, J.P. Dowd, A.R. Dzierba, P. Eugenio, J. Gunter, R.W. Hackenburg, M. Hayek, E.I. Ivanov, I. Kachaev, W. Kern, E. King, O.L. Kodolova, V.L. Korotkikh, M.A. Kostin, J. Kuhn, R. Lindenbusch, V. Lipaev, J.M. LoSecco, J.J. Manak, J. Napolitano, M. Nozar, C. Olchanski, T.K. Pedlar, **A. Попов**, D.R. Rust, D. Ryabchikov, A.H. Sanjari, L.I. Sarycheva, E. Skott, K.K. Seth, N. Shenhav, W.D. Shephard, N.B. Sinev, J.A. Smith, P.T. Smith, D.L. Stienike, T. Sulanke, S.A. Taegar, S. Teige, D.R. Thompson, I.N. Vardanyan, D.P. Weygand, D. White, H.J. Willutzki, J. Wise, M. Witkowski, A.A. Yershov, D. Zhao. “Evidence for Exotic Meson Production in π^-p Interactions at 18 GeV/c”. — In: Proc. of VIIIth Int. Conf. on Hadron Spectroscopy, 1997, Upton, New York, edited by S. Chung and H. Willutzki (American Institute of Physics Conference Proceedings, No.432), p.263.
- [3] D.R. Thompson, G.S. Adams, T. Adams, Z. Bar-Yam, J.M. Bishop, V.A. Bodyagin, D.S. Brown, N.M. Cason, S.U. Chung, J.P. Cummings, S. Denisov, V. Dorofeev, J.P. Dowd, P. Eugenio, R.W. Hackenburg, M. Hayek, E.I. Ivanov, I. Kachaev, W. Kern, E. King, O.L. Kodolova, V.L. Korotkikh, M.A. Kostin, J. Kuhn, V. Lipaev, J.M. LoSecco, J.J. Manak, J. Napolitano, M. Nozar,

C. Olchanski, A.I. Ostrovidov, T.K. Pedlar, **A. Popov**, D. Ryabchikov, A.H. Sanjari, L.I. Sarycheva, K.K. Seth, W.D. Shephard, N.B. Sinev, J.A. Smith, D.L. Stienike, C. Strassburger, S.A. Taegar, I.N. Vardanyan, D.P. Weygand, D. White, H.J. Willutzki, J. Wise, M. Witkowski, A.A. Yershov, D. Zhao.

“Evidence for Exotic Meson Production in the reaction $\pi^-p \rightarrow \eta\pi^-p$ at 18 GeV/c”. // Phys. Rev. Lett., Vol.79 (1997), p.1630.

- [4] S.U. Chung, G.S. Adams, T. Adams, Z. Bar-Yam, J.M. Bishop, V.A. Bodyagin, D.S. Brown, N.M. Cason, J.P. Cummings, K. Danyo, S. Denisov, V. Dorofeev, J.P. Dowd, P. Eugenio, R.W. Hackenburg, M. Hayek, E.I. Ivanov, I. Kachaev, W. Kern, E. King, O.L. Kodolova, V.L. Korotkikh, M.A. Kostin, J. Kuhn, V. Lipaev, J.M. LoSecco, J.J. Manak, M. Nozar, C. Olchanski, A.I. Ostrovidov, T.K. Pedlar, **A. Popov**, D. Ryabchikov, A.H. Sanjari, L.I. Sarycheva, K.K. Seth, N. Shenhav, W.D. Shephard, N.B. Sinev, J.A. Smith, D.L. Stienike, S.A. Taegar, D.R. Thompson, I.N. Vardanyan, D.P. Weygand, D. White, H.J. Willutzki, J. Wise, M. Witkowski, A.A. Yershov, D. Zhao.

“Evidence for Exotic $J^{PC} = 1^{-+}$ Meson Production in the reaction $\pi^-p \rightarrow \eta\pi^-p$ at 18 GeV/c”. // Phys. Rev. D60 (1999), p.92001.

- [5] G.S. Adams, T. Adams, Z. Bar-Yam, J.M. Bishop, V.A. Bodyagin, B.B. Brabson, D.S. Brown, N.M. Cason, S.U. Chung, R.R. Crittenden, J.P. Cummings, K. Danyo, S. Denisov, V. Dorofeev, J.P. Dowd, A.R. Dzierba, P. Eugenio, J. Gunter, R.W. Hackenburg, M. Hayek, E.I. Ivanov, I. Kachaev, W. Kern, E. King, O.L. Kodolova, V.L. Korotkikh, M.A. Kostin, J. Kuhn, R. Lindenbusch, V. Lipaev, J.M. LoSecco, J.J. Manak, J. Napolitano, M. Nozar, C. Olchanski, A.I. Ostrovidov, T.K. Pedlar, **A. Popov**, D.R. Rust, D. Ryabchikov, A.H. Sanjari, L.I. Sarycheva, E. Skott, K.K. Seth, N. Shenhav, W.D. Shephard, N.B. Sinev, J.A. Smith, P.T. Smith, D.L. Stienike, T. Sulanke, S.A. Taegar, S. Teige, D.R. Thompson, I.N. Vardanyan,

D.P. Weygand, D. White, H.J. Willutzki, J. Wise, M. Witkowski, A.A. Yershov, D. Zhao.
“Observation of a New $J^{PC} = 1^{-+}$ Exotic State in the reaction $\pi^{-}p \rightarrow \pi^{+}\pi^{-}\pi^{-}p$ at 18 GeV/c”. // Phys. Rev. Lett., Vol.81 (1998), p.5760.

- [6] J.J. Manak, G.S. Adams, T. Adams, Z. Bar-Yam, J.M. Bishop, V.A. Bodyagin, D.S. Brown, N.M. Cason, S.U. Chung, J.P. Cummings, K. Danyo, S. Denisov, V. Dorofeev, J.P. Dowd, A.R. Dzierba, P. Eugenio, J. Gunter, R.W. Hackenburg, M. Hayek, E.I. Ivanov, I. Kachaev, W. Kern, E. King, O.L. Kodolova, V.L. Korotkikh, M.A. Kostin, J. Kuhn, R. Lindenbusch, V. Lipaev, J.M. LoSecco, J. Napolitano, M. Nozar, C. Olchanski, A.I. Ostrovidov, T.K. Pedlar, **A. Popov**, D.R. Rust, D. Ryabchikov, A.H. Sanjari, L.I. Sarycheva, E. Skott, K.K. Seth, N. Shenhav, W.D. Shephard, N.B. Sinev, J.A. Smith, P.T. Smith, D.L. Stienike, T. Sulanke, S.A. Taegar, S. Teige, D.R. Thompson, I.N. Vardanyan, D.P. Weygand, D. White, H.J. Willutzki, J. Wise, M. Witkowski, A.A. Yershov, D. Zhao.
“Partial-wave analysis of the $\eta\pi^{+}\pi^{-}$ system produced in the reaction $\pi^{-}p \rightarrow \eta\pi^{+}\pi^{-}n$ at 18 GeV/c”. // Phys. Rev. D62 (2000), p.012003.

Рукопись поступила 10 ноября 2000 г.

А.В.Попов

Экспериментальное исследование системы $\omega\pi^-\pi^0$ методом парциально-волнового анализа.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .

Редактор В.Ф.Васильева.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 13.11.2000 г. Формат $60 \times 84/16$. Офсетная печать.

Печ.л. 1,7. Уч.-изд.л. 0,98. Тираж 100. Заказ 218. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т 2000-49, И Ф В Э, 2000
