

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
JOINT INSTITUTE  
FOR NUCLEAR  
RESEARCH

N 1[ 27 ]-88

# КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ОИЯИ

JINR  
RAPID COMMUNICATIONS

дубна

1988

Объединенный институт ядерных исследований  
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

№ 1 [ 27 ] -88

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ОИЯИ  
JINR RAPID COMMUNICATIONS

СБОРНИК  
COLLECTION

Дубна 1988

## О Г Л А В Л Е Н И Е C O N T E N T S

M.K.Volkov, A.Schaale <b>Form Factors of the Decay <math>\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+</math></b> М.К.Волков, А.Шаале <b>Формфакторы распада <math>\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+</math></b>	4
C.B.Afanasyev, P.I.Zarubin, I.F.Kolpakov, V.S.Korolev, A.I.Malakhov, P.K.Maniakov, A.S.Nikiforov, A.N.Parfenov, A.V.Pilyar, V.A.Smirnov, E.Xmelyevski <b>Система в стандарте FASTBUS для измерения</b> <b>аналоговых сигналов для спектрометра СФЕРА</b> S.V.Afanasyev, P.I.Zarubin, I.F.Kolpakov, V.S.Korolev, A.I.Malakhov, P.K.Maniakov, A.S.Nikiforov, A.N.Parfenov, A.V.Pilyar, V.A.Smirnov, E.Khmelevsky <b>FASTBUS System for Measurement of Analogue</b> <b>Signals for SPHERE Spectrometer</b>	8
J.Vavryshchuk, T.Gоворек, A.I.Ivanov, M.Levandovski, P.Mazurek, V.N.Rybakov, I.F.Uchevatkin, I.A.Yutlandov <b>Аннигиляция позитронов</b> в высокотемпературном сверхпроводнике $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Ya.Vavryshchuk, T.Govorek, A.I.Ivanov, M.Levandovsky, P.Masurek, V.N.Rybakov, I.F.Uchevatkin, I.A.Yutlandov <b>Positron Annihilation in a High-Temperature</b> <b>Superconductor <math>YBa_2Cu_3O_{7-\delta}</math></b>	12
Hguen Van Hieu, Hguen Ai Viet <b>Трехзонные экситонные поляритоны в кубических</b> <b>полупроводниках с прямой запрещенной зоной</b> и их комбинационное рассеяние Nguyen Van Hieu, Nguyen Ai Viet <b>Three-Branch Excitonic Polaritons in Cubic Direct Band</b> <b>Gap Semiconductors and Their Raman Scattering</b>	18
Указатель статей к сборникам "Краткие сообщения ОИЯИ", 1(21)-6(26), 1987 JINR Rapid Communications 1(21)-6(26), 1987	23
Именной указатель к сборникам "Краткие сообщения ОИЯИ" 1(21)-6(26), 1987 Author Index, 1987	33

## FORM FACTORS OF THE DECAY $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$

M.K.Volkov, A.Schaale\*

The decay  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$  is studied in the quark model of superconductivity type. The calculated form factors R and the relation  $\xi = R/F_V$  are in a good agreement with experimental data.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

### Формфакторы распада $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$

М.К.Волков, А.Шаале

В квартковой модели сверхпроводящего типа описан распад  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$ . Полученные оценки для формфактора R и отношение  $\xi = R/F_V$  согласуются с экспериментом.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

In<sup>/1/</sup>, based on the Quark-Model of Superconductor Type<sup>/2/</sup> the form factors (vectorial and axial) were calculated for the decay  $\pi^- \rightarrow e^- \bar{\nu} \gamma$ . It has been shown that for a<sub>1</sub>-mesons, the relation  $\gamma = F_A/F_V = Z^{-1}$  becomes less than one ( $Z^{-1} = 0.7$ ), where  $Z^{-1} = 1 - 6m_u^2/m_{a_1}^2$ ,  $m_u = 280$  MeV is the mass of the u-quark in QMST and  $m_{a_1} = 1275$  MeV is the mass of the a<sub>1</sub>-meson. This result for  $\gamma$  is in good agreement with experimental data<sup>/3-5/</sup>. Some time ago new experimental data were published by the group SINDRUM<sup>/5/</sup> for the decay  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$ , where besides the well-known form factors  $F_A$  and  $F_V$  also the axial form factor R appeared, connected with the momentum of the  $e^+ e^-$ -pair. Therefore it is useful to calculate R and the relation  $\xi = R/F_V$  that is also determined experimentally. In<sup>/5/</sup> the following results are given for the form factors:

$$F_V = 0.029^{+0.019}_{-0.014}, \quad F_A = 0.018^{+0.015}_{-0.012}, \quad R = 0.063^{+0.028}_{-0.016}, \quad (1)$$

$$\gamma = 0.7 \pm 0.5, \quad \xi = 2.3 \pm 0.6.$$

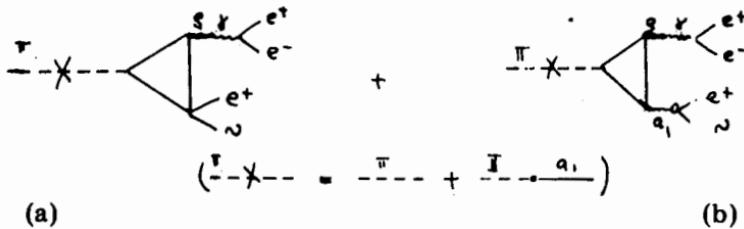
---

\*Institute for High Energy Physics, Berlin, Zeuthen, GDR

Using  $\langle \theta \rangle$  for determining the structure part of the amplitude  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$  one gets:

$$T^s_{(\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+)} = ie^2 G \frac{1}{k^2 m_\pi^2} F_\pi \ell_a^{em} \{ F_\nu \epsilon_{\alpha\beta\mu\nu} k^\mu Q^\nu + \\ + iF_A (Q_\alpha k_\beta - g_{\alpha\beta} Q k) + iR(k_\alpha k_\beta - g_{\alpha\beta} k^2) \} \ell_\beta^w, \quad (2)$$

where  $G$  is the Fermi constant,  $e$  is the charge of the electron;  $F_\pi$ , the constant of pion-decay  $F_\pi = 93$  MeV;  $\ell_a^{em}$ , the electromagnetic current  $\ell_a^{em} = \bar{u}_e(p_3) \gamma_\alpha u_e(-p_2)$ ;  $\ell_\beta^w$ , the weak current  $\ell_\beta^w = \bar{u}_\nu(p) \times \gamma_\beta (1 - \gamma_5) u_\nu(-p_1)$ ;  $Q$ , the momentum of the pair  $e^+ \nu$  and  $k$  is the momentum of the pair  $e^+ e^-$ . Only the diagrams in the Figure contribute to the amplitude (2), where the  $a_1$ -meson plays an important



Diagrams of the decay  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^- \nu e^+$ .

role as an intermediate particle. If only diagram (a) is used, then  $F_A$  and  $F_V$  will be equal:

$$F_A^{(a)} = F_V^{(a)} = \frac{1}{8\pi^2} \frac{m_\pi^2}{F_\pi^2}, \quad \gamma = 1. \quad (3)$$

Using also diagram (b) we finally get for the form factors  $F_V$  and  $F_A$  the expression<sup>1/</sup>:  $F_V^{(a+b)} = F_V^{(a)}$ ,  $F_A^{(a+b)} = F_A^{(a)} Z^{-1}$ ,  $\gamma = Z^{-1}$ . This result agrees with the experimental (see (1)). It will be shown that the influence of diagram (b) is the same for the form factor  $R$ :  $R^{(a+b)} = R^{(a)} Z^{-1}$ . The form factor  $R$  is absent in the decay  $\pi^- \rightarrow e^- \bar{\nu} \gamma$  because  $k^2 = 0$  for the photon, but when the  $e^+ e^-$ -pair appears,  $k^2 \neq 0$  and there occurs a  $k^2$ -dependence in the amplitude (2) (form factor  $R$ ).

For the calculation of  $R$ , the amplitude for the decay  $\pi_1 \rightarrow \pi \rho$  will be used, taken from<sup>1/</sup>:

$$T_{(a_1 \rightarrow \pi\rho)}^{\mu\nu} = \frac{g_\rho^2}{8\pi^2 F_\pi^2} \{ p^\mu k^\nu - g^{\mu\nu} p k + [1 + 2Z(\frac{2\pi F_\pi}{m_{a_1}})^2] g^{\mu\nu} k^2 \}. \quad (4)$$

Here  $g_\rho$  is the constant of the decay  $\rho \rightarrow 2\pi$  with  $g_\rho^2/4\pi \approx 3$ ,  $p$  and  $k$  are the momenta of the pion and the  $\rho$ -meson. Before using this expression for calculating the axial part of the amplitude (2) it is necessary to substitute  $p \rightarrow -p$ . If we use only diagram (a) for the calculation of  $R$ , we get:

$$R^{(a)} = \frac{1}{8\pi^2} \cdot \frac{m_\pi^2}{F_\pi^2} 2(1 + Z(\frac{2\pi F_\pi}{m_{a_1}})^2) = F_V 2(1 + Z(\frac{2\pi F_\pi}{m_{a_1}})^2)$$

but, finally using both the diagrams, (a) and (b), we get for the form factor  $R$  and the relation  $\xi$  the following expressions:

$$R^{(a+b)} \approx R : F_V 2(Z^{-1} + (\frac{2\pi F_\pi}{m_{a_1}})^2) = 0.053, \quad \xi = 2(Z^{-1} + (\frac{2\pi F_\pi}{m_{a_1}})^2) = 1.83.$$

These theoretical results agree with the experimental data (1). (remind that theoretical values for  $F_V$  and  $F_A$  are:  $F_V = 0.029$  and  $F_A = 0.020^{1/1}$ ). At the end of this short report we wish to compare our results with those of the Quark-Virton Model /7/:

$$F_V = 0.041 \quad F_A = 0.023, \quad R = 0.087, \quad \gamma = 0.56, \quad \xi = 2.1.$$

In that model there was also taken into account the  $a_1$ -meson.

A comparison of the values we have obtained for the form factors  $F_V$ ,  $F_A$  and  $R$  shows that our prediction in the QMST is slightly better than that in /7/ (see (1)). The expressions for the form factors in the QMST are analytically very simple so it is easy to compare them with the results of other models, for example, with the standard Quark Models  $F_V = F_A = m_\pi^2/8\pi^2 F^2/8$ . It is possible to show here that the intermediate  $a_1$ -meson plays a very important role only for an exact calculation of the form factor  $F_A$  and the ratio  $\gamma$  which is in a good agreement with the experimental data ( $\gamma$  becomes less than one ( $\gamma = 0.7$ ) under the influence of the  $a_1$ -meson). The value of  $R$  slightly changes after taking into account of the  $a_1$ -meson.

#### References

1. Volkov M.K. et al. JINR Preprint P2-87-89, Dubna, 1987; Phys.Lett., 1988, B200.

2. Volkov M.K. — *El. Part. a. At. Nucl.*, 1986, 17, p.433.
3. Bay A. et al. — *Phys.Lett.*, 1986, 174B, p.445.
4. Piilonen L.E. et al. — *Phys. Rev. Lett.*, 1986, 57, p.1402.
5. Egli S. et al. — *Phys. Lett.*, 1986, 175B, p.97.
6. Bardin D.Y., Ivanov E.A. — *El. Part. a. At. Nucl.*, 1976, 7, p.726.
7. Avacian E.Z. et al. *JINR Preprint P2-87-485, Dubna, 1987.*
8. Bryman D.A., Depommier P., Lecroy C. — *Phys.Rep.*, 1982, 88, p.'51;  
Paver N., Scadron M.D. — *Nuovo Cim.*, 1983, A78, p.159.

Received on November 9, 1987.

## **СИСТЕМА В СТАНДАРТЕ FASTBUS ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА СФЕРА**

**С.В.Афанасьев, П.И.Зарубин, И.Ф.Колпаков, В.С.Королев,  
А.И.Малахов, П.К.Маньяков, А.С.Никифоров, А.Н.Парфенов,  
А.В.Пиляр, В.А.Смирнов, Е.Хмелевски**

Рассматривается система в стандарте FASTBUS для измерения быстрых аналоговых сигналов на установке СФЕРА. Система построена на основе 16-канального 8-разрядного АЦП в стандарте FASTBUS, стандартного интерфейсного модуля FIORI и сопряженных с ним регистров, осуществляющих обмен данными между магистралями FASTBUS и КАМАК. Работой системы управляет микроЭВМ "Электроника-60", связанная через контроллер с магистралью КАМАК. Программное обеспечение, примененное в системе, позволяет осуществить связь ЭВМ с магистралью FASTBUS, тестирование модулей, сбор и обработку данных, а также представление результата в виде гистограммы. Данная система применена на стенде установки СФЕРА для снятия характеристик сцинтилляционных гадоскопов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

### **FASTBUS System for Measurement of Analogue Signals for SPHERE Spectrometer**

**S.V. Afanasiev et al.**

A FASTBUS system for measurement of analogue signals at SPHERE experiment stand is described. The system based on 16-channel 8-bit flash ADC FASTBUS module, standard FIORI interface module connected with CAMAC input/output registers realizes data transfer between FASTBUS and CAMAC dataways. Operation of the system is controlled by "Elektronika-60" microcomputer connected to the CAMAC crate controller. Software used in the system permits one to realize communication between FASTBUS dataway and computer, module testing, data acquisition and processing, and the result representation as a histogram. The described system was applied at the stand of SPHERE experiment for measuring the characteristics of scintillation hodoscope.

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

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Регистрирующая аппаратура современных спектрометров, применяемая в области физики элементарных частиц, как правило, выполняется в стандарте FASTBUS<sup>1/1</sup>. Число регистрирующих каналов существующих и создаваемых спектрометров достигает десятков и сотен тысяч. Шина FASTBUS имеет наибольшее быстродействие из существующих 32-разрядных шин — до "0 Мбайт/с и обеспечивает регистрацию потоков событий до  $10^7$  в секунду. Архитектура системы FASTBUS позволяет организовать модульным образом практически любые сверхбольшие системы при самой низкой, по сравнению с другими стандартами, стоимости канала регистрации<sup>1/2</sup>.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в настоящее время создается ряд современных экспериментальных установок, предназначенных для исследований в области физики высоких энергий, в которых предполагается широкое использование электроники в стандарте FASTBUS. Первые разработки в этом стандарте были применены в спектрометре СФЕРА, предназначенном для исследования множественного кумулятивного рождения частиц в геометрии, близкой к  $4\pi^{3/4}$ .

## 2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

В связи с низким выходом изучаемых процессов установка СФЕРА должна регистрировать высокие интенсивности пучков

частиц ( $10^9 \div 10^{11}$  частиц/с), что предъявляет повышенные требования к временным характеристикам электронной аппаратуры. Наличие в установке нескольких тысяч информационных каналов разного типа требует нового подхода при разработке электроники съема данных. Из всех существующих стандартов наиболее подходящим для

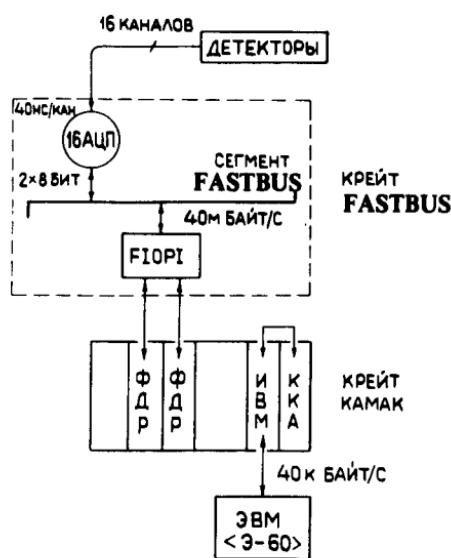


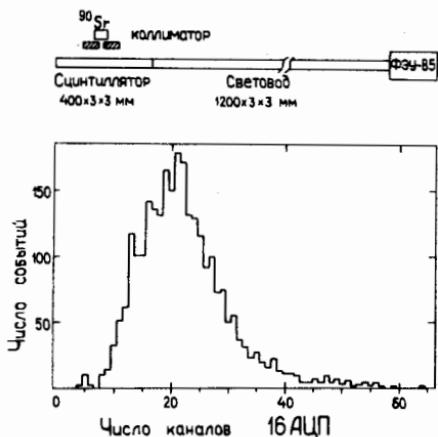
Рис.1. Блок-схема системы в стандарте FASTBUS для измерения аналоговых сигналов на установке СФЕРА.

решения задач быстрого съема и отбора событий в этой установке является FASTBUS. На основе этого стандарта была разработана система для измерений аналоговых сигналов на установке СФЕРА (рис.1). Быстрые аналоговые сигналы преобразуются в цифровые коды 16-кинчальным 8-разрядным аналого-цифровым преобразователем, выполненным в стандарте FASTBUS. Диапазон измеряемых аналого-цифровым преобразователем (АЦП) сигналов составляет  $\pm 2$  В, время преобразования  $\sim 40$  нс. Считывание информации из АЦП по шине FASTBUS производится регистром ввода-вывода FIORI<sup>4/</sup> одновременно с двух каналов. Этот модуль реализует протокол управления и передачи данных по магистрали для сегмента (крайта) FASTBUS и осуществляет связь с внешней ЭВМ. Передача данных и управляющих модулем FIORI функций происходит через два 16-разрядных двунаправленных регистра ФДР, выполненных в стандарте КАМАК. В реализованной в настоящее время схеме связи магистралей FASTBUS и КАМАК элементом управления процессом обмена является микроЭВМ "Электроника-60". Она связана с магистралью крайта КАМАК, в котором расположены модули ФДР, через драйвер ветви ИВМ-861<sup>5/</sup> и контроллер крайта типа А. Минимальное время доступа к сегменту FASTBUS, полученное в системе, составило  $\sim 60$  мк, что обусловлено низким быстродействием ЭВМ и FIORI, для которого требуется несколько циклов КАМАК на одну команду. Полное время обработки данных составляет 1÷3 мс, что хорошо согласуется с временными характеристиками подобных систем<sup>7/</sup>.

### 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение системы имеет двухуровневую структуру, позволяющую разделить задачи сбора информации, оперативного управления, обработки и представления результата. На более высоком уровне сбора информации и управления программа работает как оперативная задача операционной системы RT-11. При этом она осуществляет инициализацию модулей, связь ЭВМ с АЦП по протоколу FASTBUS, тестирование и подготовку данных для дальнейшей обработки, которая производится фоновой программой. Реализовать указанные возможности позволило использование комплекса программ гистограммирования MULTI-FB<sup>6/</sup>.

Система была использована для снятия характеристик модулей сцинтиляционных гаммоскопов установки СФЕРА. На рис.2 для иллюстрации приведен спектр, полученный от источника  $^{90}\text{Sr}$



со сцинтилляционного счетчика с радиатором на основе полистирола размерами  $400 \times 3 \times 3$  мм и световода из оргстекла длиной 1200 мм и сечением  $3 \times 3$  мм $^2$ .

*Рис.2. Амплитудный спектр, полученный от источника  $^{90}\text{Sr}$  с одного из счетчиков сцинтилляционного гаммоскопа спектрометра СФЕРА.*

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из сказанного видно, что дальнейшее повышение быстродействия системы может быть получено путем применения более быстрой аппаратуры связи с ЭВМ, а также использования быстрых интерфейсов FASTBUS, быстродействующих запоминающих устройств и производительных микропроцессоров (например, MC-68020).

Опыт разработки данной системы и модулей FASTBUS может быть использован для создания нового поколения спектрометров в физике элементарных частиц, в частности универсального калориметрического детектора на встречных пучках УНК в Серпухове.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Standard FASTBUS Modular High-Speed Date Acquisition and Control System, ANSI/IEEE Std 960 – 1986, 1985.
2. W.von Rüden. 1986 CERN School of Computing. CERN 87-04, Geneva, 1987, p.100.
3. Аверичев С.А. и др. ОИЯИ, Р1-85-512, Дубна, 1985.
4. FASTBUS Products (Dr. B.Struck). Hamburg, W.Germany, 1986.
5. Смирнов В.А., Хоанг Као Зунг. ОИЯИ, 10-81-528, Дубна, 1981.
6. Никифоров А.С., Смирнов В.А. ОИЯИ, Р10-87-650, Дубна, 1987
7. Rimmer E.M. – IEEE Trans. on Nucl.Sci., 1983, vol.NS-30, No.5, p. 3968.

Рукопись поступила 7 января 1988 года.

## АННИГИЛИЯЦИЯ ПОЗИТРОНОВ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ

$\text{Y Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Я.Ваврышук, Г.Говорек<sup>1</sup>, А.И.Иванов<sup>2</sup>, М.Левандовски,  
П.Мазурек<sup>1</sup>, В.Н.Рыбаков, И.Ф.Учеваткин<sup>2</sup>, И.А.Ютландов

Изучена аннигиляция позитронов в образцах высокотемпературной сверхпроводящей керамики  $\text{Y Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Показано, что изменение характера аннигиляции при переходе в сверхпроводящее состояние относительно невелико. Изменения времен жизни позитронов  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , а также интенсивности компоненты  $J_2$  и доплеровского уширения аннигиляционной  $\gamma$ -линии (параметра  $S$ ) позволяют предполагать, что переход в сверхпроводящее состояние сопровождается некоторым уменьшением электронной плотности и уменьшением числа или увеличением размера дефектов кристаллической решетки.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

**Positron Annihilation in a High-Temperature  
Superconductor  $\text{Y Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$**

Ya.Vavryshchuk et al.

Positron annihilation as a function of temperature in high-temperature superconductors  $\text{Y Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  has been investigated. It is shown that a change in the annihilation capacity at the transition into superconducting state is relatively small. The change of  $\tau_1$  and  $\tau_2$  positron lifetimes as well as of the intensity of the component with  $\tau_2 = J_2$  and Doppler broadening  $S$  parameter allows one to assume that transition into superconducting state is accompanied with a certain decrease in electron density and with decreasing number of defects or increasing size of crystalline net.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

<sup>1</sup> Институт физики Университета М.Кюри-Склодовской, Люблин.

<sup>2</sup> Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева, Ленинград.

## ВВЕДЕНИЕ

Сверхпроводники типа La-Ba-Cu-O<sup>1/</sup> в настоящее время интенсивно изучаются всеми доступными методами. Не является исключением и метод аннигиляции позитронов, особенно чувствительный к структуре вещества. Параметры, описывающие процесс аннигиляции (время жизни позитрона, ширина импульсного распределения электронов среды<sup>2/</sup>), обычно существенно изменяются в точке фазового перехода. Несмотря на расходящиеся результаты, полученные в пятидесятых годах при использовании обычных металлических сверхпроводников<sup>3-5/</sup>, представляется целесообразным проследить за поведением параметров аннигиляции в области перехода ( $T_c$ ) высокотемпературных сверхпроводников. В первой такой работе<sup>6/</sup> использовалась техника измерения допплеровского уширения аннигиляционной  $\gamma$ -линии 511 кэВ на образцах La-Sr-Cu-O и Y-Ba-Cu-O. В последующих экспериментах<sup>7,8/</sup> для образцов Y-Ba-Cu-O кроме допплеровского уширения измерялись также времена жизни позитронов. Неоднозначность, а подчас противоречивость результатов этих работ делает настоятельно необходимым продолжение подобных исследований.

В настоящей работе представлены результаты измерения времен жизни позитронов в образцах  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  и допплеровского уширения аннигиляционной  $\gamma$ -линии в интервале температур 80-130 К.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Измерения времен жизни позитронов проводились с помощью временного спектрометра  $\gamma\gamma$ -совпадений с двумя кристаллами BaF<sub>2</sub> размером Ø 38x25 мм. Энергетическое разрешение обоих сцинтиляторов с фотоумножителями XP2020Q на линии 1333 кэВ <sup>60</sup>Co составляло 7%. Для устранения искажений формы временного спектра при больших загрузках в цепи отбора совпадений были включены блоки, отбрасывающие импульсы наложений. В условиях эксперимента (при выборе  $\gamma$ -квантов 1274 и 511 кэВ) временное разрешение спектрометра составляло  $2\tau_0 = 220$  пс. Форма кривой мгновенных совпадений, полученной с <sup>60</sup>Co, соответствовала одному гауссовскому распределению вплоть до 0,001 доли полной ее высоты. Калибровка временной шкалы составляла 22,0(1) пс/канал.

Допплеровское уширение аннигиляционной  $\gamma$ -линии 511 кэВ (параметр формы S) измерялось рентгеновским Ce(Li)-детектором с объемом 1 см<sup>3</sup> и энергетическим разрешением 1,02 кэВ на линии 512 кэВ <sup>108</sup>Ru. Энергетическая цена

канала составляла 0,080 кэВ. Нестабильность положения линии 511 кэВ от измерения к измерению не превышала одного канала.

Для температурных измерений образцы  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  помещались в вакуумный криостат ( $p = 10^{-3}$  Торр) цилиндрической формы ( $\phi = 18$  мм), охлаждаемый жидким азотом. Изменение температуры осуществлялось путем подогрева промежуточного полого медного цилиндра током, протекающим через намотанную на него бифилярным способом обмотку. В этот цилиндр вставлялся малый медный цилиндр, в прорези которого плотно размещался образец. Температура образца измерялась относительно температуры жидкого азота с помощью медь-константановой термопары. Напряжение, снимаемое с термопары, служило одновременно для стабилизации температуры (коррекции тока обмотки). Разработанная нами система стабилизации позволяла поддерживать постоянную температуру образца с точностью лучше 0,3 К в интервале 79-200 К.

Источник позитронов активностью ~ 30 мкК был приготовлен из водного раствора  $^{22}\text{NaCl}$  путем испарения на никелевой фольге толщиной 1,2 мкм, покрытой слоем золота толщиной 50 Å. Площадь источника составляла ~ 8 мм<sup>2</sup>.

Обработка временных спектров проводилась по программе POSITRONFIT<sup>/9/</sup> на микроЭВМ типа IBM XT, входящей в состав измерительной аппаратуры. Поправка на аннигиляцию позитронов в никелевой подложке (~ 8%) не учитывалась. При этом подгоночным параметром считалось также временное разрешение спектрометра  $2\tau_0$ . Значения  $2\tau_0$ , получаемые из подгонки, находились в пределах 222-225 пс. В каждом временном спектре зарегистрировано  $\geq 1,2 \cdot 10^6$  совпадений.

Для наблюдения изменений формы аннигиляционной γ-линии с температурой образца вычислялся параметр S: отношение числа отсчетов в 14 каналах центральной части пика 511 кэВ к сумме отсчетов в двух окнах (по 18 каналов каждое), расположенных на его левом и правом склонах.

## ОБРАЗЦЫ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Исследуемые образцы были приготовлены путем спекания смеси окислов  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{CuO}$  в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ (образец № 1) и  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{CuO}$  — в Институте физики Университета М.Кюри-Склодовской в Люблине (образцы № 2 и № 3). Температура спекания 950° С, температуры сверхпроводящего перехода  $T_c$  — 96, 86 и 95 К соответственно. Характер зависимости  $R(T)$  позволял предположить, что все три образца не были однофазными.

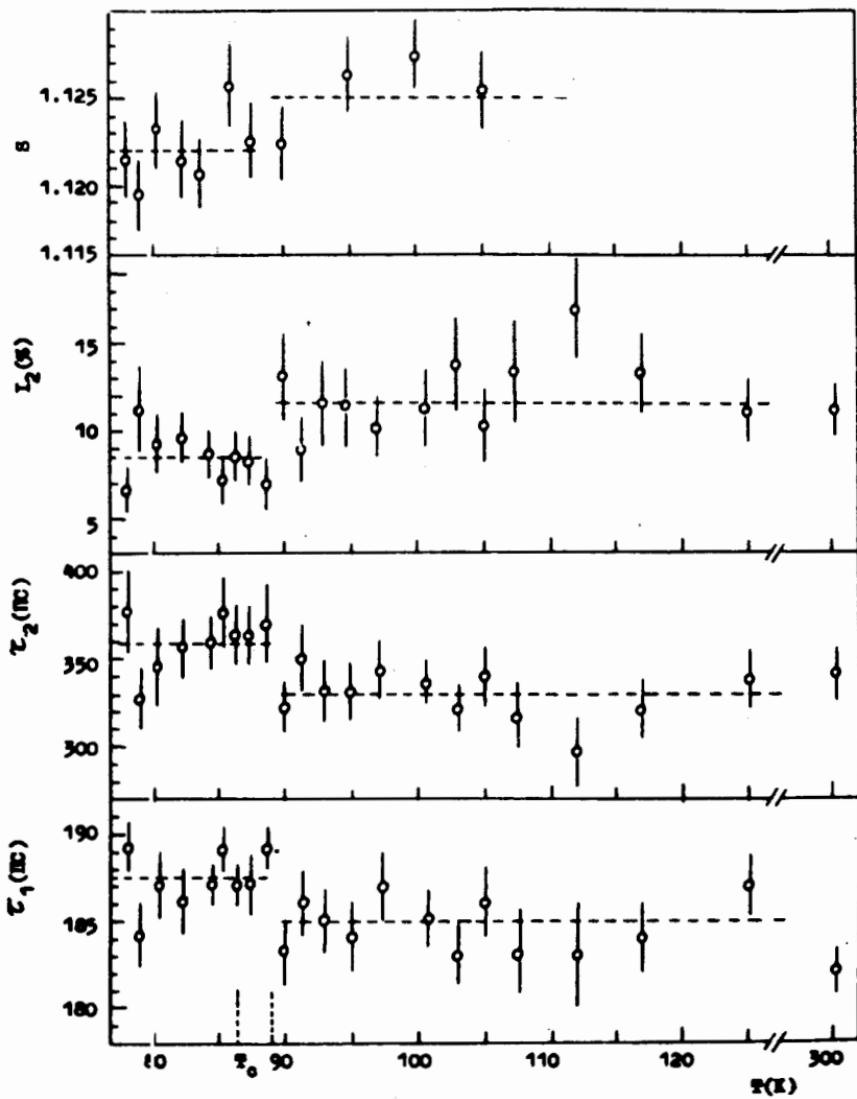
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

В спектрах времен жизни позитронов в исследуемых образцах можно выделить три компоненты с  $\tau_1 \approx 180$  пс,  $\tau_2 \approx 350$  пс и  $\tau_3 \approx 1,9$  нс. При этом интенсивность самой долгоживущей компоненты  $J_3$  не превышала 0,55%, а  $J_2$  изменялась от образца к образцу в пределах от 8 до 17%. Попытки выделения только двух компонент приводили к существенному ухудшению приведенного  $\chi^2$  (с ~ 1,1 при трех компонентах до ~ 1,3 при двух) и значениям  $\tau_1 = 190$  пс и  $\tau_2 = 480$  пс. Так как в исследуемом диапазоне температур не было обнаружено изменения времени  $\tau_3$ , окончательная обработка всех временных спектров проводилась при фиксированном усредненном значении этого параметра.

Проведенные нами измерения в диапазоне температур 80-130 К и при комнатной температуре показали, что изменение характера аннигиляции позитронов в наших образцах при их переходе в сверхпроводящее состояние относительно небольшое. Наиболее четко оно проявилось на образце № 2 (см рисунок). Видно, что переход в сверхпроводящее состояние приводит к увеличению  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , уменьшению интенсивности  $J_2$  и параметра  $S$ .

Если считать, что компонента с  $\tau_1 \approx 180$  пс связана со свободной аннигиляцией позитронов в междуузельном пространстве, наблюдаемое небольшое увеличение  $\tau_1$  при переходе образца в сверхпроводящее состояние может свидетельствовать о некоторой перестройке электронной структуры, приводящей к уменьшению электронной плотности. Компоненту с временем  $\tau_2 \approx 350$  пс, типичным для аннигиляции позитронов, захваченных дефектами кристаллической решетки, следует, по всей видимости, связать с кислородными вакансиями. Уменьшение интенсивности  $J_2$  и параметра  $S$  при  $T < T_c$  позволяет предположить, что количество этих дефектов в сверхпроводящем состоянии уменьшается. Увеличение  $\tau_2$  можно связать с уменьшением электронной плотности или увеличением размеров дефектов. Слабая компонента с временем  $\tau_3 \approx 1,9$  нс объясняется, по всей вероятности, образованием позитрония в пористой структуре металлооксидной керамики.

В работе<sup>7</sup> утверждается, что время жизни  $\tau_1$  (139 ± 7 пс) не зависит от температуры образца; время жизни  $\tau_2$  (~ 210 пс) при переходе образца в сверхпроводящее состояние заметно уменьшается, а  $J_2$  (~ 30%) увеличивается. При этом странно, что параметр  $S$  в сверхпроводящем состоянии уменьшается, как и в наших экспериментах. Возможной причиной расхождения результатов работы<sup>7</sup> с нашими является различие состава образцов.



Температурная зависимость параметров  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $J_2$  и  $S$ . Пунктирной линией обозначены средние значения параметров для областей выше и ниже  $T_c$ .

В экспериментах<sup>/6/</sup> исследовалось только допплеровское уширение аннигиляционной линии. Результаты по образцу Y-Ba-Cu-O не противоречат нашим данным.

В работе<sup>/8/</sup> наблюдалось аномальное поведение величин  $r_1$ ,  $r_2$  и  $J_2$  в районе температуры  $T_c$ . Времена  $r_1$  и  $r_2$  показывают резкий максимум с полуширина ~ 1 K, а  $J_2$  — глубокий минимум. При этом значения  $r_1$  и  $r_2$  выше и ниже  $T_c$  согласуются с нашими результатами в случае разложения временного

спектра на 2 компоненты. Кроме того, в работе<sup>/8/</sup> наблюдалось необычное увеличение времени термализации позитрона  $t_0$  (на ~ 130 пс) при температуре  $T_c$ . Такое аномальное поведение аннигиляции не обнаружено ни в нашей работе, ни в работе<sup>/7/</sup>. Тем не менее нами был поставлен дополнительный эксперимент, имеющий целью детально проследить за изменением  $t_0$  в зависимости от температуры образца № 2. Для этого регистрировалось число совпадений в окне, установленном на левом склоне временной кривой, при непрерывном изменении температуры образца со скоростью 1° в 4 минуты. Полученный результат позволяет утверждать, что с точностью 20 пс  $t_0$  в районе  $T_c$  остается постоянным.

Сравнение изложенных результатов позволяет сказать, что:  
а) переход образцов типа Y-Ba-Cu-O в сверхпроводящее состояние отражается на характере процесса аннигиляции позитронов; б) по всей вероятности, процесс аннигиляции позитронов чрезвычайно чувствителен к деталям внутренней структуры образцов и технологии их приготовления. Это подтверждается противоположной температурной зависимостью  $J_2$ , в данной работе и в<sup>/7/</sup>, а также их различными абсолютными значениями.

Таким образом, есть надежда, что систематическое изучение аннигиляции позитронов в металлооксидных керамиках может помочь понять некоторые особенности механизма высокотемпературной сверхпроводимости и совершенствовать технологию изготовления сверхпроводников.

В заключение авторы выражают благодарность профессорам К.Я.Громову и Ц.Вылову за постоянный интерес и стимулирование настоящей работы, З.Скожинскому, А.К.Качалкину и А.И.Акатову за техническую помощь в постановке эксперимента.

Авторы также благодарят руководителя программы СРВР 01.09. ПНР за содействие в выполнении настоящего исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bednorz J.C., Müller K.A. – *Z.Phys.B*, 1986, v.64, p.189.
2. *Positrons in solids*, Ed. P.Hautojärve. Springer-Verlag, 1979, Chapter 1.
3. Stump R., Tally H.E. – *Phys. Rev.*, 1954, v.96, p.904.
4. Green B., Modansky L. – *Phys.Rev.*, 1956, v.102, p.1074.
5. Shafroth S.M., Marcus J.A. – *Phys.Rev.*, 1956, v.103, p.585.
6. Ishibashi S. et al. – *Jap. J.Appl. Phys.*, 1987, v.26, p.L688.
7. Jean Y.C. et al. – *Phys. Rev. B*, 1987, v.36, p.3994.
8. Teng M.-K. et al. – *Phys. Lett. A*, 1987, v.124, p.363.
9. Kirkegaard P. et al. – *Comput.Phys. Commun.*, 1981, v.23, p.307.

Рукопись поступила 28 декабря 1987 года.

## ТРЕХЗОННЫЕ ЭКСИТОННЫЕ ПОЛЯРИТОНЫ В КУБИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ С ПРЯМОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНОЙ И ИХ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ

Нгуен Ван Хьеу, Нгуен Аи Вьет

Выполняются явные выражения для операторов рождения трехзонных экситонных поляритонов в кубических полупроводниках с прямой запрещенной зоной и четырехкратно вырожденной верхней валентной зоной. В качестве примеров применения этих выражений устанавливаются соотношения между сечениями процессов резонансного комбинационного рассеяния поляризованного света квазичастицами в полупроводниках с данными свойствами симметрии.

Работа выполнена в Национальном центре научных исследований, Ханой, СРВ.

### Three-Branch Excitonic Polaritons in Cubic Direct Band Gap Semiconductors and Their Raman Scattering

Nguyen Van Hieu, Nguyen Ai Viet

Explicit expressions are derived for the creation operators of the excitonic polaritons in direct band gap cubic semiconductors with a fourfold degenerate upper valence band. As examples of the application of these expressions the relations of the effective differential cross sections are established for the resonant Raman scattering of the polarized light on the quasiparticles in semiconductors with given symmetry properties.

The investigation has been performed at the National Center for Scientific Research, Hanoi, SRV.

Основополагающие труды Пекара<sup>/1/</sup>, Хоффельда<sup>/2/</sup>, Аграновича<sup>/3/</sup>, Давыдова<sup>/4/</sup> и др. по теории поляритонов вызвали большой интерес экспериментаторов и теоретиков, побудили их к изучению резонансного комбинационного рассеяния (РКР) света квазичастицами в твердых телах. В случае кубических полупроводников с прямой запрещенной зоной и четырехкратно вырожденной верхней валентной зоной спектр экситонных поляритонов обладает тремя ветвями вследствие того, что имеются два типа экситонов: связанных состояний электрона и легкой или тяжелой дырки. Законы дисперсии этих трехзонных экситонных поляритонов, установленные с большой точностью в эксперимен-

так по РКР света фононами, находились в хорошем согласии с теоретическими предсказаниями<sup>/5/</sup>. Расчет сечения рассеяния также проводился в рамках различных упрощенных моделей<sup>/5-7/</sup>. В настоящей работе для дальнейшего использования в микроскопической теории РКР света с учетом внутренней структуры экситонов и реальных свойств симметрии энергетических зон выводятся явные выражения, определяющие операторы рождения (или векторы состояния) трехзонных экситонных поляритонов в кубических полупроводниках с прямой запрещенной зоной и четырехкратно вырожденной верхней валентной зоной. Эти выражения затем применяются при изучении некоторых процессов РКР света в области резонанса. Выбираем систему единиц так, чтобы  $\hbar = c = 1$ .

Введем следующие обозначения:  $m_e$ ,  $m_H$  и  $m_L$  -- эффективные массы электрона проводимости, тяжелой и легкой дырки соответственно:

$$\frac{1}{m_h} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{m_H} + \frac{1}{m_L} \right), \quad M = m_e + m_h,$$

$$\frac{1}{m_r} = \frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h}, \quad \alpha = \frac{m_e}{m_h + m_e}, \quad \beta = \frac{m_h}{m_h + m_e};$$

$\vec{p}_e$  и  $\vec{p}_h$  -- импульсы электрона и дырки,  $s_e$  и  $s_h$  -- проекции их спина на координатной оси Oz;  $e_s^+(\vec{p})$  и  $h_s^+(\vec{p})$  -- операторы рождения электрона и дырки с указанными импульсом и проекцией спина на оси Oz,  $\gamma_\sigma^+(\vec{k})$  -- оператор рождения фотона с импульсом  $\vec{k}$  и спиральностью (проекцией спина на направлении импульса  $\vec{k}$ )  $\sigma = \pm 1$ ;  $D_{\lambda\lambda'}^J(\vec{p} \rightarrow \vec{q})$  -- матричные элементы вращения, переводящего  $\vec{p}$  в  $\vec{q}$ , в базисе неприводимого представления с полным моментом импульса  $J$ . Достаточно рассматривать лишь экситоны в состоянии 1S с пространственной волновой функцией относительного движения электрона и дырки  $\phi_{1S}(\vec{r})$ , фурье-преобразование которой обозначим через  $\tilde{\phi}_{1S}(\vec{p})$ .

Имеются 4 спиновых состояния тяжелого экситона со спиральностями  $\pm 2$ ,  $\pm 1$  и 4 спиновых состояния легкого экситона со спиральностями  $\pm 1$ , 0, причем только спиновые состояния со спиральностями  $\pm 1$  могут смешиваться с фотоном для образования поляритонов. На основе результатов работы<sup>/8/</sup> можно показать, что оператор рождения легкого (L) и тяжелого (H) экситона с импульсом  $\vec{k}$  и спиральностью  $\sigma = \pm 1$  равен

$$\left. \begin{aligned} X_{H\sigma}^+(\vec{k}) \\ X_{L\sigma}^+(\vec{k}) \end{aligned} \right\} = \sum_{\vec{p}_e, \vec{p}_h} \delta_{\vec{k}, \vec{p}_e + \vec{p}_h} \tilde{\phi}_{1S}(a\vec{p}_h - \beta\vec{p}_e) \sum_{s_e=-1/2}^{1/2} \sum_{s_h=-3/2}^{3/2} \times$$

$$\times \left\{ \begin{array}{cc} D^{1/2} & (Oz \rightarrow \vec{k}) \\ -\frac{1}{2}\sigma, s_3 & \frac{3}{2}\sigma, s_h \end{array} \right. \left. \begin{array}{cc} D^{3/2} & (Oz \rightarrow \vec{k}) \\ \frac{1}{2}\sigma, s_e & \frac{1}{2}\sigma, s_h \end{array} \right\} e_{s_e}^+ (\vec{p}_e) h_{s_h}^+ (\vec{p}_h). \quad (1)$$

Легко также вычислить эффективные константы связи квантового перехода тяжелого и легкого экситона в фотон и получить

$$g_H = g, \quad E_L = \frac{1}{\sqrt{3}} g, \quad (2)$$

$$g = \frac{1}{\sqrt{2\epsilon_0 E_g}} \cdot \frac{e \Pi_{cv}}{m_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi a_x^3}},$$

где  $E_g$  — ширина запрещенной зоны,  $\epsilon_0$  — статическая диэлектрическая константа полупроводника,  $e$  и  $m_0$  — заряд и масса свободного электрона,  $a_x$  — боровский радиус экситона:

$$a_x = \frac{\epsilon_0}{m_r e^2},$$

$\Pi_{cv}$  — матричный элемент междузонного квантового перехода:

$$\Pi_{cv} = \langle S | \nabla_x | X \rangle = \langle S | \nabla_y | Y \rangle = \langle S | \nabla_z | Z \rangle.$$

Поляритонный спектр имеет три ветви, различающиеся индексом:  $\nu = 1, 2, 3$ . Операторы рождения поляритонов получаются посредством знаменитого преобразования Боголюбова:

$$\begin{aligned} \pi_{\nu\sigma}^+ (\vec{k}) &= v_\nu(k) \gamma_\sigma^+ (\vec{k}) + v_{\nu H}(k) X_{H\sigma}^+ (\vec{k}) + \\ &+ v_{\nu L}(k) X_{L\sigma}^+ (\vec{k}). \end{aligned} \quad (3)$$

Энергия  $\Omega_\nu(k)$  поляритона на ветви  $\nu$  определяется уравнением

$$\frac{\omega(k)^2}{\Omega_\nu(k)^2} = 1 + 4g^2 \left\{ \frac{1}{E_H(k)^2 - \Omega_\nu(k)^2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{E_L(k)^2 - \Omega_\nu(k)^2} \right\}, \quad (4)$$

где  $\omega(k)$  — энергия свободного фотона в среде,  $E_H(k)$  и  $E_L(k)$  — энергии тяжелого и легкого экситонов соответственно. Коэффициенты преобразования Боголюбова равны

$$u_\nu(k) = \left[ 1 + \frac{g^2}{[E_H(k) - \Omega_\nu(k)]^2} + \frac{1}{3} \frac{g^2}{[E_L(k) - \Omega_\nu(k)]^2} \right]^{-1/2}, \quad (5)$$

$$v_{\nu H}(k) = \frac{g}{E_H(k) - \Omega_\nu(k)} u_\nu(k),$$

$$v_{\nu L}(k) = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{g}{E_L(k) - \Omega_\nu(k)} u_\nu(k).$$

Полученные выше результаты будем применять в последующих работах при изучении РКР света различными квазичастицами в кубических полупроводниках с данной структурой энергетических зон. Приведем здесь лишь некоторые частные результаты. Рассмотрим сначала процесс РКР поляризованного света фотонами <sup>/5-7/</sup>:

$$\pi_{\nu\sigma}(\vec{k}) \rightarrow \pi_{\nu'\sigma'}(\vec{k}') + \phi(\vec{q}), \quad (I)$$

где  $\phi(\vec{q})$  обозначает фотон с импульсом  $\vec{q}$ . Его дифференциальное эффективное сечение обозначим через  $W_{\nu\nu'}^{(\pm)}(\theta)_I$ , где  $\theta$  — угол рассеяния. В резонансной области, когда коэффициенты  $u_\nu(k)$  пренебрежимо малы, мы имеем соотношение

$$\frac{W_{\nu\nu'}^{++}(\theta)_I}{W_{\nu\nu'}^{+-}(\theta)_I} = \frac{U_{\nu\nu'}^{(+)}(\theta)_I}{U_{\nu\nu'}^{(-)}(\theta)_I}, \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} U_{\nu\nu'}^{(\pm)}(\theta)_I &= \{ v_{\nu'H}(k') v_{\nu H}(k) (1 \pm \cos \theta)^2 + \\ &+ [v_{\nu'H}(k') v_{\nu L}(k) + v_{\nu'L}(k') v_{\nu H}(k)] \sin^2 \theta + \\ &+ \frac{1}{3} v_{\nu'L}(k') v_{\nu L}(k) (\cos \theta \pm 1) (3 \cos \theta \mp 1) \}^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Аналогично для дифференциального сечения  $W_{\nu\nu'}^{(\pm)}(\theta)_{II}$  процесса РКР поляризованного света электронами нейтральных доноров <sup>/9-11/</sup>

$$\pi_{\nu\sigma}(\vec{k}) + e_N \rightarrow \pi_{\nu'\sigma'}(\vec{k}') + e_N \quad (II)$$

в резонансной области мы имеем соотношение

$$\frac{W_{\nu\nu'}^{++}(\theta)_{II}}{W_{\nu\nu'}^{+-}(\theta)_{II}} = \frac{U_{\nu\nu'}^{(+)}(\theta)_{II}}{U_{\nu\nu'}^{(-)}(\theta)_{II}}, \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} U_{\nu\nu}^{(\pm)}(\theta)_{II} = & \frac{1 \pm \cos\theta}{2} \{ [v_{\nu'H}(k') v_{\nu H}(k)]^2 (1 \pm \cos\theta)^2 + \\ & + 3([v_{\nu'H}(k') v_{\nu L}(k)]^2 + [v_{\nu'L}(k') v_{\nu H}(k)]^2) \sin^2\theta + \\ & + [v_{\nu'L}(k') v_{\nu L}(k)]^2 (3 \cos\theta \mp 1) \}. \end{aligned} \quad (9)$$

Эти теоретические предсказания весьма желательно проверить экспериментально.

Проблема резонансного комбинационного рассеяния будет рассмотрена подробно в отдельной работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пекар С.И. – ЖЭТФ, 1957, т.33, вып.4, с.1022-1036.
2. Hopfield J.J. – Phys.Rev., 1958, v.112, No.5, p.1555-1567.
3. Агранович В.М. Теория экситонов. М.: Наука, 1968.
4. Давыдов А.С. Теория молекулярных экситонов. М.: Наука, 1968.
5. Рассеяние света в твердых телах. Вып. I (под редакцией Кардоны М.). М.: Мир, 1979; Вып.III (под редакцией Кардоны М. и Гюнтерода Г.). М.: Мир, 1985.
6. Экситоны (под редакцией Рашиба Э.И. и Стерджа М.Д.). М.: Наука, 1985.
7. Honerlage B. et al. – Phys.Rep., 1985, v.124C, No.3, p.161-253.
8. Hoang Ngoc Cam, Nguyen Van Hieu, Nguyen Ai Viet. – Ann.Phys. (N.Y.), 1985, v.104, No.1, p.172-188.
9. Yu P.Y. – Phys.Rev., 1979, v.B20, No.12, p.5286-5291.
10. Ulbrich R.G., Nguyen Van Hieu, Weisbuch C. – Phys.Rev.Lett., 1981, v.46, No.1, p.53-57.
11. Nguyen Bi An et al. – Phys.Stat.Sol.(b), 1980, v.99, No.2, p.635-641; Phys.Stat.Sol.(b), 1982, v.109, No.1, p.463-472; Phys.Rev. 1982, v.B25, No.6, p.4075-4080.

Рукопись поступила 5 января 1988 года.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ К СБОРНИКАМ  
"КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ОИЯИ", №№1/21/-6/26/, 1987

№1/21/

Ю.А.Батусов и др. Аннигиляция остановившихся антипротонов в $^4\text{He}$ и $^3\text{He}$ /На английском/.....	5
А.М.Балдин и др. Струи адронов в глубоконеупругих $\tilde{\nu}$ -N-взаимодействиях и универсальность их характеристик в пространстве 4-мерных относительных скоростей /На английском/.....	17
К.Д.Толстов К аномалонной трактовке столкновений $^{40}\text{Ar}+\text{Cu}$ при энергиях 0,9 и 1,8 ГэВ на нуклон.....	26
Ф.С.Садыхов Квантовохромодинамическое исследование процесса электророждения пионов на нуклоне и структурных функций нуклонов.....	34
Ю.В.Борисов и др. Измерение электрического заряда нейтрона при помощи ультрахолодных нейтронов.....	40
Р.В.Джолос, В.П.Пермяков Влияние колебаний формы ядер на сечение подбарьерного слияния.....	46

№2/22/

А.М.Балдин, А.О.Кечечян, Б.А.Шахбазян О существовании первой промежуточной асимптотики в релятивистских ядерных столкновениях /На английском/.....	4
--	---

Л.С. Охрименко, Е.Словински, А.Н.Ильина Распределения по относительной $\bar{4}$ -скорости $\pi^0$ - и $\eta^0$ -мезонов, образованных в $\pi^-$ Хе-взаимодействиях при импульсе 3,5 ГэВ/с.....	12
Ф.Никитину, В.А.Романов, С.В.Трубников Фазовые анализы $\bar{N}K$ -рассеяния и магнитный момент $\Lambda$ -гиперона.....	23
Фам Ле Киен, А.С.Шумовский О кинетическом уравнении для двухмодового лазера /На английском/.....	28
И.Ф Колпаков, А.Е.Сеннер, В.А.Смирнов Суперкомпьютер ОИЯИ модульного типа для парал- лельного анализа событий.....	35
В.В Пупышев Регуляризация интегродифференциальных уравнений Фаддеева по угловым переменным /На английском/.....	45

№3/23/

А.Т.Филиппов О локализации канонических преобразований в теории релятивистских частиц.....	5
А.Н.Сисакян и др. Инфракрасные особенности фермионного пропагатора и их связь с петлей Вильсона /На английском/.....	12
Н.Б.Скачков, О.Ю.Шевченко Условие Лоренца как вторичное калибровочное условие и его использование при квантовании полей /На английском/.....	17

С.И.Виницкий, В.И.Коробов, И.В.Пузынин	
Уточнение уровней энергии слабосвязанных вращательно-колебательных состояний мезомолекул $d\mu$ и $d\tau\mu$ .....	24
Э.Ф.Хефтер, В.Г.Картавенко	
Эволюция холодного сжатого ядерного вещества /На английском/.....	29
В.А.Кузьмин	
Вычисление энергетически-взвешенных моментов для приближения случайных фаз.....	36
Н.Н.Боголюбов /мл./, П.А.Поляков, М.А.Тасев	
Теория радиационного затухания электромагнитных волн в релятивистской магнитоактивной плазме в приближении "горячей" гидродинамики.....	41

№4/24/

Д.Армутлийски и др.	
Универсальность свойств четырехмерных барионных кластеров в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях в интервале энергий $4 \div 40$ ГэВ...5	
Е.Б.Докукин и др.	
Влияние поглощающего подслоя на поляризующую способность магнитных нейтронных зеркал.....	22
В.В.Пупышев	
Приближенные дифференциальные уравнения Фаддеевского типа для систем из одной легкой и двух тяжелых частиц	
/На английском/.....	31
А.В.Тараканов, В.М.Шилов	
Неупругое рассеяние и слияние тяжелых ионов при околобарьерных и подбарьерных энергиях.....	37
В.Вагнер и др.	
Спектрометрия характеристического рентгеновского	

излучения при нейтрализации водородоподобных ионов  $Kr^{+35}$  ..... 42

Г.Д.Адеев, В.В.Пашкевич, О.И.Сердюк  
Влияние механизма ядерной вязкости на формирование распределений осколков деления.....51

№5/25/

Г.С.Аверичев и др.  
Наблюдение кумулятивных антiproтонов.....4

М.Нэдь, В.С.Суяров, М.К.Волков  
Глюоний и скалярные мезоны  
/На английском/.....11

С.А.Карамян, А.В.Рыхлик, В.Н.Бугров  
Аномальная зависимость повреждающей способности от Z иона при взаимодействии с монокристаллом Ge.....18

В.Г.Маханьков, Х.Т.Холмуродов  
Численное моделирование устойчивости векторных U/2/-солитонов.....25

В.М.Микляев, И.А.Сергеев, Ю.П.Филиппов  
Турбулизация сверхтекучего гелия в кольцевых каналах при нестационарных тепловых потоках.....31

Нгуен Ван Хьеу и др.  
Электронное спаривание в изотропных сверхпроводниках с эффективным электронно-электронным взаимодействием, зависящим от спина.....39

№6/26/

А.И.Иванов и др.  
Измерение массы электрона с помощью узкой компоненты пика аннигиляционного излучения.....4

Н.П.Базылева и др.	
Применение шины VME и персонального компьютера Правец-16 в подсистеме управления циклом сверх- проводящего синхротрона.....	12
Фам Ле Киен	
Состояния когерентного пленения населенности уровней в многофотонных трехуровневых двух- модовых системах	
/На английском/.....	17
E.К.Башкиров, Фам Ле Киен, А.С.Шумовский	
Спонтанное излучение двух двухуровневых атомов с многофотонными переходами.....	22
E.К.Башкиров, А.С.Шумовский	
Кинетика сверхизлучения в трехуровневой системе с учетом двухфотонных переходов.....	28

J I N R RAPID COMMUNICATIONS - 1987

CONTENTS

No.1/21/

Yu.A.Batusov et al.	
Annihilation of Stopping Antiprotons in $^4\text{He}$ and $^3\text{He}$ .....	5
A.M.Baldin et al.	
Hadron Jets in Deep-Inelastic $\bar{\nu}\text{N}$ Interactions and Universality of the Jet Properties in Relative Four-Velocity Space.....	17
K.D.Tolstov	
About Anomalon Interpretation of $^{40}\text{Ar}+\text{Cu}$ Collisions at 0.9 and 1.8 GeV per Nucleon Energies. /In Russian/.....	26
F.S.Sadykhov	
Quantum Chromodynamic Investigation of the Pion Electroproduction on the Nucleon and the Nucleon Structure Functions. /In Russian/.....	34
Yu.V.Borisov et al.	
Investigation of the Possibility of Neutron Electric Charge Measurement by Means of Ultracold Neutrons. /In Russian/.....	40
R.V.Jolos, V.P.Permyakov	
The Effect of Nuclear Shape Oscillations on the Subbarrier Fusion Cross Section. /In Russian/.....	46

No.2/22/

A.M.Baldin, A.O.Kechechyan, B.A.Shahbazian	
On the Existence of the First Intermediate	

Asymptotics in Relativistic Nuclear Collisions.....	4
L.S.Okhrimenko, B.Słowiński, A.N.Ilyina Relative Four-Velocity Distributions of $\pi^0$ .. and $\eta^0$ - Mesons Produced in the Reaction $\pi^-$ Xe at 3.5 GeV/c. /In Russian/.....	12
F.Nichitiu, V.A.Romanov, S.V.Trubnikov NK-Scattering Phase Analysis and $\Lambda$ -Hyperon Magnetic Moment. /In Russian/.....	23
Fam Le Kien, A.S.Shumovsky On the Two-Mode Laser Master Equation.....	28
I.F.Kolpakov, A.E.Senner, V.A.Smirnov JINR Supercomputer of the Module Type for the Event Parallel Analysis. /In Russian/.....	35
V.V.Pupyshev Regularization of Integrodifferential Faddeev Equations over Angular Variables.....	45

No.3/23/

A.T.Filippov Gauging of Canonical Transformation in the Relativistic Particle Theory. /In Russian/.....	5
A.N.Sissakian et al. Infrared Singularities of Fermion Propagator and Their Connection with the Wilson Loop.....	72
N.B.Skachkov, O.Yu.Shevchenko The Lorentz Condition as a Secondary Gauge Condition and Its Application	

for the Field Quantization.....	17
S.I.Vinitsky, V.I.Korobov, I.V.Puzynin More Accurate Calculation of the Energy Levels of Weakly Bound Rotation-Vibrational States of Mesic Molecules $dd\mu$ and $dt\mu$ . /In Russian/.....	24
E.F.Hefter, V.G.Kartavenko Evo.lution of Cold Dense Nuclear Matter.....	29
V.A.Kuzmin Eva.uation of the Energy-Weighted Moments in :the Random Phase Approximation. /In Russian/.....	36
N.N.Bogolubov,Jr., P.A.Polyakov, M.A.Tassev The Theory of Radiative Attenuation of Electromagnetic Waves in Relativistic Magnetoactive Plasma in Hot Hyd`odynamics Approximation. /In Russian/.....	41

No.4/24/

D.Armutlijski et al. Universality of 4-Dimensional Baryonic Cluster Properties in Hadron-Nuclear and Nucleus-Nuclear Interactions within the 4 - 40 GeV/c Energy Range. /In Russian/.....	5
E.B.Dokukin et al. Influence of an Absorbing Sublayer on Polarizing Property of Magnetic Neutron Mirrors. /In Russian/.....	22
V.V.Pupyshev Approximate Differential Faddeev-Type Equations for Systems of One Light	

and Two Heavy Particles.....	31
A.V.Tarakanov, V.M.Shilov Inelastic Scattering and Fusion of Heavy Ions at Near- and Subbarrier Energies. /In Russian/.....	37
W.Wagner et al. Spectrometry of Characteristic X-Ray $\text{Kr}_{43}^{\pm}$ Hydrogen-Like Ion Neutralization Kr $^{+}$ . /In Russian/.....	42
G.D.Adeev, V.V.Pashkevich, O.I.Serdyuk The Influence of Mechanism of Nuclear Viscosity of Fission Fragment Distribution Formation. /In Russian/.....	51

No.5/25/

G.S.Averichev et al. Cumulative Antiproton Observation. /In Russian/.....	4
M.Nagy, V.S.Suyarov, M.K.Volkov Gluonium and Scalar Mesons.....	11
S.A.Karamian, A.V.Rykhllyuk, V.N.Bugrov Anomalous Dependence of the Damage Power of Z Ions at the Interaction with Ge Single Crystal. /In Russian/.....	18
V.G.Makhankov, Kh.T.Kholmurodov Numerical Study of Stability of Vector $U(2)$ -Solitons /In Russian/.....	25
V.M.Miklyaev, I.A.Sergeyev, Yu.P.Filippov Superfluid Turbulence in Helium in Annuli	

<b>Channels at Transient Heat Fluxes.</b>	
/In Russian/.....	31
<b>Nguyen van Hieu et al.</b>	
<b>Electron Pairing in Isotropic Superconductors</b>	
<b>with Spin-Dependent Effective Electron-Electron</b>	
<b>Interaction.</b>	
/In Russian/.....	39
<b>No.6/26/</b>	
<b>A.I.Ivanov et al.</b>	
<b>Measurement of Electron Mass by Means of Narrow</b>	
<b>Component of Annihilation Radiation Peak.</b>	
/In Russian/.....	4
<b>N.P.Basyleva et al.</b>	
<b>Application of VME Bus and a "Pravets-16" PC</b>	
<b>in a Subsystem of the Superconducting</b>	
<b>Synchrotron Cycle Control.</b>	
/In Russian/.....	12
<b>Fam Le Kien</b>	
<b>Cohérent-Trapping States of Three-Level Two-Mode</b>	
<b>Systems with Multiphoton Transitions.</b>	
/In Russian/.....	17
<b>E.K.Bashkirov, Fam Le Kien, A.S.Shumovsky</b>	
<b>Spontaneous Radiation of Two-Level Atoms</b>	
<b>with Multiphoton Transitions.</b>	
/In Russian/.....	22
<b>E.K.Bashkirov, A.S.Shumovsky</b>	
<b>Kinetics of the Superradiation in the Three-Level</b>	
<b>System Allowing for the Two-Photon Transitions.</b>	
/In Russian/.....	28

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ К СБОРНИКАМ

"КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ОИЯИ" №№1/21/-6/26/, 1987

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| Аверичев, Г.С. - №5, с.4   | Докукин, Е.Б.          |
| Адеев, Г.Д. - №4, с.51     | - №4, с.22             |
| Армутлийски, Д. - №4, с.5  | Донец, Е.Д. - №4, с.42 |
| Базылев, С.Н. - №6, с.12   | Дунин, В.Б. - №4, с.42 |
| Базылева, Н.П. - №6, с.12  | Ефимов, Л.Г.           |
| Балдин, А.М. - №1, с.17    | - №6, с.12             |
| - №2, с.4                  |                        |
| - №4, с.5                  |                        |
| Балестра, Ф. - №1, с.5     | Зарубин, П.И.          |
| Батусов, Ю.А. - №1, с.5    | - №5, с.4              |
| Башкиров, Е.К. - №6, с.22  | Зенони, А. - №1, с.5   |
| - №6, с.28                 | Иванов, А.И.           |
| Бендишиоли, Г. - №1, с.5   | - №6, с.4              |
| Боголюбов, Н.Н./мл./       | Иванов, С.Н.           |
| - №3, с.41                 | - №1, с.40             |
| Бондарев, В.К. - №5, с.4   | Ильина, А.Н.           |
| Борисов, Ю.В. - №1, с.40   | - №2, с.12             |
| Боровикова, Н.В.           | Карамян, С.А.          |
| - №1, с.40                 | - №5, с.18             |
| Боссоласко, С. - №1, с.5   | Картавенко, В.Г.       |
| Брейвик, Ф.О. - №1, с.5    | - №3, с.29             |
| Бугров, В.Н. - №5, с.18    | Карташов, С.В.         |
| Бунятов, С.А. - №1, с.5    | - №4, с.42             |
| Бусса, М.П. - №1, с.5      | Кашукеев, Н.Т.         |
| Буссо, Л. - №1, с.5        | - №1, с.40             |
| Вагнер, В. - №4, с.42      | Кечечян, А.О.          |
| Васильев, А.В. - №1, с.40  | - №2, с.4              |
| Виницкий, С.И. - №3, с.24  | Колпаков, И.Ф.         |
| Волков, М.К. - №5, с.11    | - №2, с.35             |
| Вылов, Ц. - №6, с.4        | - №6, с.12             |
| Горожанкин, В.М. - №6, с.4 | Корнеев, Д.А.          |
| Григорьева, Л.А. №4, с.5   | - №4, с.22             |
| - №1, с.40                 | Коробов, В.И.          |
| Гришин, В.Г. - №1, с.17    | - №3, с.24             |
| - №4, с.5                  | Кузнецов, А.А.         |
| Гуаральдо, К. - №1, с.5    | - №1, с.17             |
| Джолос, Р.В. - №1, с.46    | - №4, с.5              |
| Диденко, Л.А. - №1, с.17   | Кузьмин, В.А.          |
| - №4, с.5                  | - №3, с.36             |

- Лебедев, Н.А. - №6, с.4  
 Лебнер, В. - №4, с.22  
 Литвиненко, А.Г.  
     - №5, с.4  
 Лоццо Риццини, Э.  
     - №1, с.5  
 Маджора, А. - №1, с.5  
 Манева Г.М. - №1, с.17  
 Маханьков, В.Г.  
     - №5, с.25  
 Метревели, З.В.  
     - №1, с.17  
     - №4, с.5  
 Миклебост, К. - №1, с.5  
 Микляев, В.М. - №5, с.31  
 Моззлев, А.А. - №5, с.4  
 Мороз, Н.С. - №5, с.4  
 Надъ, М. - №5, с.11  
 Нгуэн Аи Вьет - №5, с.39  
 Нгуэн Ван Хьеу  
     - №5, с.39  
 Нгуэн Тоан Тханг  
     - №5, с.39  
 Несвижевский, В.В.  
     - №1, с.40  
 Никитиу, Ф. - №1, с.5  
     - №2, с.23  
 Никифоров, А.С.  
     - №6, с.12  
 Олсен, Дж. - №1, с.5  
 Охряменко, Л.С.  
     - №2, с.12  
 Панкратцев, Ю.А.  
     - №5, с.4  
 Панциери, Д. - №1, с.5  
 Пасок, В.В. - №4, с.22  
 Пашкевич, В.В. - №4, с.51  
 Пенця, М. - №5, с.4  
 Перевозчиков, В.Г.  
     - №5, с.4  
 Пермяков, В.П. - №1, с.46  
 Петренко, А.В.  
     - №4, с.22  
 Пираджино, Г.  
     - №1, с.5  
 Покровский, В.Н.  
     - №6, с.4  
 Поляков, П.А. - №3, с.41  
 Понтекорво, Д.Б.  
     - №1, с.5  
 Простаков, И.А.  
     - №6, с.4  
 Пузынин, И.В.  
     - №3, с.24  
 Пупышев, В.В.  
     - №2, с.45  
     - №4, с.31  
 Ржаны, Х. - №4, с.22  
 Рихвицкий, С.В.  
     - №5, с.4  
 Романов, В.А.  
     - №2, с.23  
 Ротонди, А. - №1, с.5  
 Рыхлюк, А.В. - №5, с.18  
 Садыхов, Ф.С.  
     - №1, с.34  
 Сальвини, П. - №1, с.5  
 Сапожников, М.Г.  
     - №1, с.5  
 Сеннер, А.Е. - №2, с.35  
     - №6, с.12  
 Сергеев, И.А.  
     - №5, с.31  
 Сердюк, О.И.  
     - №4, с.51  
 Серебров, А.П.  
     - №1, с.40  
 Сисакян, А.Н.  
     - №3, с.12  
 Скачков, Н.Б.  
     - №3, с.12  
     - №3, с.17

- Слепнев, В.М. - №6, с.12  
Словински, Е. - №2, с.12  
Смирнов, В.А. - №2, с.35  
- №6, с.12  
Соловцов, И.Л. - №3, с.12  
Соренсен, С.О. - №1, с.5  
Ставинский, В.С.  
- №5, с.4  
Суяров, В.С. - №5, с.11  
Тараканов, А.В. - №4, с.37  
Тасев, М.А. - №3, с.41  
Темников, П.П. - №1, с.17  
Тозелло, Ф. - №1, с.5  
Толстов, К.Д. - №1, с.26  
Третьяк, В.И. - №1, с.5  
Трубников, С.В. - №2, с.23  
Учеваткин, И.Ф. - №6, с.4  
Фава, Л. - №1, с.5  
Фаломкин, И.В. - №1, с.5  
Фам Ле Киен - №2, с.28  
- №6, с.17  
- №6, с.22  
Ферреро, Л. - №1, с.5  
Филиппов, А.Т. - №3, с.5  
Филиппов, Ю.П. - №5, с.31  
Хаатуфт, А. - №1, с.5  
Ха Вин Тан - №5, с.39  
Халштейнслид, А.  
- №1, с.5  
Хефтер, Э.Ф. - №3, с.29  
Холмуродов, Х.Т.  
- №5, с.25  
Хренов, А.Н. - №5, с.4  
Шахбазян, Б.А. - №2, с.4  
Шевченко, О.Ю. - №3, с.12  
- №3, с.17  
Шилов, В.М. - №4, с. 37  
Шумовский, А.С.  
- №2, с.28  
- №6, с.22  
- №6, с.28
- Яйджиев, П.С.  
- №1, с.40  
Якобсен, Т.  
- №1, с.5

AUTHOR INDEX  
1987

- Adeev, G.D. - No.4, p.51  
Armutlijski, D.  
    - No.4, p.5  
Averichev, G.S.  
    - No.5, p.4  
Baldin, A.M. - No.1, p.17  
    - No.2, p.4  
    - No.4, p.5  
Balestra, F. - No.1, p.5.  
Bashkirov, E.K.  
    - No.6, p.22  
    - No.6, p.28  
Basylev, S.N. - No.6, p.12  
Basyleva, N.P.  
    - No.6, p.12  
Batulov, Yu.A.  
    - No.1, p.5  
Bendiscioli, G.  
    - No.1, p.5  
Bogolubov, N.N.(Jr.)  
    - No.3, p.41  
Bondarev, V.K.  
    - No.5, p.4  
Borisov, Yu.V.  
    - No.1, p.40  
Borovikova, N.V.  
    - No.1, p.40  
Bosolasco, S.  
    - No.1, p.5  
Breivik, F.O. - No.1, p.5  
Bugrov, V.N. - No.5, p.18  
Bunyatov, S.A.  
    - No.1, p.5  
Bussa, M.P. - No.1, p.5  
Busso, L. - No.1, p.5  
Didenko, L.A.  
    - No.1, p.17  
    - No.4, p.5  
Dokukin, E.B. - No.4, p.22  
Donets, E.D. - No.4,  
                  p.42  
Dunin, V.B.  
    - No.4, p.42  
Efimov, L.G.  
    - No.6, p.12  
Falomkin, I.V.  
    - No.1, p.5  
Fam Le Kien  
    - No.2, p.28  
    - No.6, p.17  
    - No.6, p.22  
Fava, L. - No.1, p.5  
Ferrero, L.  
    - No.1, p.5  
Filippov, A.T.  
    - No.3, p.5  
Filippov, Yu.P.  
    - No.5, p.31  
Gorozhankin, V.M.  
    - No.6, p.4  
Grigorieva, L.A.  
    - No.1, p.40  
Grishin, V.G.  
    - No.1, p.17  
    - No.4, p.5  
Guaraldo, C.  
    - No.1, p.5  
Haatuft, A.  
    - No.1, p.5  
Halsteinslid, A.  
    - No.1, p.5  
Havinh Tan  
    - No.5, p.39  
Heftter, E.F.  
    - No.3, p.29  
Ilyina, A.N.  
    - No.2, p.12  
Ivanov, A.I.  
    - No.6, p.4

- Ivanov, S.N. - No.1, p.40  
 Jacobsen, T. - No.1, p.5  
 Jolos, R.V. - No.1, p.46  
 Karamian, S.A. - No.5, p.18  
 Kartashov, S.V.  
     - No.4, p.42  
 Kartavenko, V.G.  
     - No.3, p.29  
 Kashukeev, N.T.  
     - No.1, p.40  
 Kechechyan, A.O.  
     - No.2, p.4  
 Kholmurodov, Kh.T.  
     - No.5, p.25  
 Khrenov, A.N. - No.5, p.4  
 Kolpakov, I.F.  
     - No.2, p.35  
     - No.6, p.12  
 Korneev, D.A. - No.4, p.22  
 Korobov, V.I. - No.3, p.24  
 Kuzmin, V.A. - No.3, p.36  
 Kuznetsov, A.A.  
     - No.1, p.17  
     - No.4, p.5  
 Lebedev, N.A. - No.6, p.4  
 Litvinenko, A.G.  
     - No.5, p.4  
 Löbner, W. - No.4, p.22  
 Lodi Rizzini, E.  
     - No.1, p.5  
 Makhankov, V.G. - No.5, p.25  
 Metreveli, Z.V. - No.1, p.17  
     - No.4, p.5  
 Maggiora, M. - No.1, p.5  
 Maneva, G.M. - No.1, p.17  
 Miklyaev, V.M.  
     - No.5, p.31  
 Moroz, N.S. - No.5, p.4  
 Mozelev, A.A. - No.5, p.4  
 Myklebost, K. - No.1, p.5  
 Nagy, M. - No.5, p.11  
 Nesvizhevsky, V.V.  
     - No.1, p.40
- Nguyen ai Viet  
     - No.5, p.39  
 Nguyen toan Thang  
     - No.5, p.39  
 Nguyen van Hieu  
     - No.5, p.39  
 Nichitiu, F.  
     - No.1, p.5  
     - No.2, p.23  
 Nikiforov, A.S.  
     - No.6, p.12  
 Okhrimenko, L.S.  
     - No.2, p.12  
 Olsen, J. - No.1, p.5  
 Panebrattsev, Yu.A.  
     - No.5, p.4  
 Panzieri, D.  
     - No.1, p.5  
 Pashkevich, V.I.  
     - No.4, p.51  
 Pasyuk, V.V. - No.4,  
     p.22  
 Pentia, M. - Nc.5, p.4  
 Perevozchikov, V.G.  
     - Nc.5, p.4  
 Permyakov, V.P.  
     - Nc.1, p.46  
 Petrenko, A.V.  
     - Nc.4, p.22  
 Piragino, G.  
     - No.1, p.5  
 Pokrovsky, V.N.  
     - No.6, p.4  
 Polyakov, P.A.  
     - No.3, p.41  
 Pontecorvo, G.B.  
     - No.1, p.5  
 Prostakov, I.A.  
     - No.6, p.4  
 Pupyshev, V.V.  
     - No.2, p.45  
     - No.4, p.31

- Puzynin, I.V. - No.3,  
                          p.24
- Rikhvitski, S.V.  
                          - No.5, p.4
- Romanov, V.A.  
                          - No.2, p.23
- Rotondi, A.  
                          - No.1, p.5
- Rykhlyuk, A.V.  
                          - No.5, p.18
- Rzany, H. - No.4, p.22
- Sadykhov, F.S.  
                          - No.1, p.34
- Salvini, P. - No.1, p.5
- Sapozhnikov, M.G.  
                          - No.1, p.5
- Serner, A.E. - No.2, p.35  
                          - No.6, p.12
- Serdyuk, O.I.  
                          - No.4, p.51
- Serebrov, A.P.  
                          - No.1, p.40
- Sergeyev, I.A.  
                          - No.5, p.31
- Shahbazian; B.A.  
                          - No.2, p.4
- Shevchenko, O.Yu.  
                          - No.3, p.12  
                          - No.3, p.17
- Shilov, V.M. - No.4, p.37
- Shumovsky, A.S.  
                          - No.2, p.28  
                          - No.6, p.22  
                          - No.6, p.28
- Sissakian, A.N.  
                          - No.3, p.12
- Skachkov, N.B.  
                          - No.3, p.12  
                          - No.3, p.17
- Slepnyov, V.M.  
                          - No.6, p.12
- Słowiński, B.  
                          - No.2, p.12
- Smirnov, V.A. - No.2,  
                          p.35  
                          - No.6, p.12
- Solovtsov, I.L.  
                          - No.3, p.12
- Sorensen, S.O.  
                          - No.1, p.5
- Stavinsky, V.S.  
                          - No.5, p.4
- Suyarov, V.S.  
                          - No.5, p.11
- Tarakanov, A.V.  
                          - No.4, p.37
- Tasseev, M.A.  
                          - No.3, p.41
- Temnikov, P.P.  
                          - No.1, p.17
- Tolstov, K.D.  
                          - No.1, p.26
- Tosello, F.  
                          - No.1, p.5
- Tretyak, V.I. - No.1,  
                          p.5
- Trubnikov, S.V.  
                          - No.2, p.23
- Uchevatin, I.F.  
                          - No.6, p.4
- Vasiliev, A.V.  
                          - No.1, p.40
- Vinitsky, S.I.  
                          - No.3, p.24
- Volkov, M.K.  
                          - No.5, p.11
- Vylov, Ts.  
                          - No.6, p.4
- Wagner, W.  
                          - No.4, p.42
- Yajdzhiev, P.S.  
                          - No.1, p.40
- Zarubin, P.I.  
                          - No.5, p.4
- Zenoni, A.  
                          - No.1, p.5