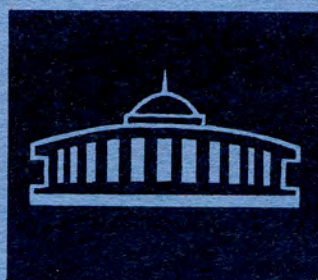


ДУБНА · 1982

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1982 · DUBNA

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Усилия коллектива сотрудников Лаборатории высоких энергий были направлены на проведение научных исследований в актуальных областях физики элементарных частиц и релятивистской ядерной физики. При изучении процессов множественного образования частиц проверены следствия, вытекающие из кварковых моделей, механизмы образования частиц, изучены новые системы частиц и их свойства при высокой энергии. Продолжено изучение особенностей кумулятивного образования частиц и легких фрагментов в реакциях взаимодействия большого набора частиц-снарядов и ядер-мишеней.

Ученые лаборатории проводили исследования на основе материалов, получен-

ных на физических установках, облученных в пучках синхрофазотрона, серпуховского ускорителя, на 400-ГэВ ускорителе ЦЕРНа.

Проведены методические разработки в области микроэлектроники, детекторов и криогенной техники для обеспечения физических экспериментов.

Усовершенствован ряд систем синхрофазотрона, достигнуты существенные успехи в исследовании сверхпроводящих магнитных систем с железным сердечником.

Деятельность Лаборатории высоких энергий осуществлялась в условиях широкого международного сотрудничества.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

МЕХАНИЗМ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА ЧАСТИЦ И РЕЗОНАНСОВ. ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ

1. С помощью различных детекторов (пузырьковой камеры и магнитных спектрометров) на синхрофазотроне и серпуховском ускорителе^{/1-3/} исследован обширный класс состояний систем элементарных частиц. Проанализированы спектры инвариантных масс систем частиц с экзотическими квантовыми числами с целью поиска узких мультикварковых состояний, массы которых предсказываются кварковыми моделями, в частности моделью MIT. Исследованы состояния с гиперзарядом (унитарным спином) от 2 до 6: pp , pn , $3p$, $p2n$, dp , $4p$, $d2p$, dnp , tp , a^* , $5p$, $6p$, $\Lambda 2p$, $\Lambda 3p$, $\Lambda 4p$, $K^0 p$, $\Lambda K^0 p$, $K^0 2p$, $K^0 3p$, $K^0 4p$ при небольших лабораторных импульсах частиц. В этих систе-

мах резонансно-подобных состояний не обнаружено. Но в соответствии с предсказаниями кварковых моделей найдены или подтверждены резонансные состояния в системах частиц (см. таблицу).

Связанное состояние (np) найдено при анализе относительного импульсного распределения нуклонов в с.ц.м. дейтрона в реакции фрагментации дейтрона в протон на ядре углерода при небольших импульсах нейтрона и протона.

Состояния ($\Lambda \pi^+ \pi^+$) и ($\Lambda \pi^- K^+$) интерпретируются как пятикварковые, а состояния ($K^0 p \pi^+ \pi^-$) и ($\Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$) — как две моды очарованного бариона Λ_c^+ . Оценка сечения образования Λ_c^+ при энергиях до 70 ГэВ близка к аналогичной величине его образования при 400 ГэВ, что вызывает необходимость корректировки теоретических моделей по образованию частиц при энергиях до 70 ГэВ.

	Масса, МэВ	Ширина, МэВ	Значимость, ст.отклон.
$n\bar{p}$	2140 \pm 10	80 \pm 10	(только указание)
$\Lambda\bar{p}$	2183 \pm 1	4 \pm 1	5,6
	2255 \pm 1	17 \pm 2	8,0
	2354 \pm 1	56 \pm 5	6,3
$\Lambda\bar{p}\pi$	2495 \pm 9	205 \pm 6	12,9
$\Lambda\pi^+\pi^+$	1705 \pm 1	18 \pm 1	5,3
	2072 \pm 4	173 \pm 12	10,3
	2605 \pm 5	86 \pm 22	5,2
$\Lambda\pi^-\bar{K}^+$	1955 \pm 20	<35	5
$K^0\bar{p}\pi^+\pi^-$			
$\Lambda\pi^+\pi^+\pi^-$	2275 \pm 6	30	4

2. Изучение экспериментального материала, полученного с помощью двухметровой пропановой камеры, установки БИС-2 и ядерных фотоэмульсий на серпуховском ускорителе, позволило получить данные о новых свойствах известных элементарных частиц.

На основе анализа 5 млн. событий, зарегистрированных на установке БИС-2 в пучке нейтронов с энергией 58 ГэВ, изучено рождение странных гиперонов и резонансов Λ , $\bar{\Lambda}$, $\Sigma^\pm(1385)$, Ξ^- , $\Xi^0(1530)$, $\bar{\Sigma}^+$, $\bar{\Xi}^-$, $\Omega^{-/4/}$. Сравнение импульсных распределений гиперонов в пС-взаимодействиях при 58 ГэВ с аналогичными распределениями в pp-взаимодействиях показало их хорошее согласие. При пересчете на нуклон получены сечения образования:

$$\begin{aligned} \sigma(\Xi^-) &= 20 \pm 10 \text{ мкб} & \sigma(\bar{\Xi}^-) &= 5 \pm 3 \text{ мкб} \\ \sigma(\Omega^-) &= 5 \pm 3 \text{ мкб} & \sigma(\Xi^0(1530)) &= 7 \pm 4 \text{ мкб} \\ \sigma(\bar{\Sigma}^+(1385)) &= 20 \pm 10 \text{ мкб} & \sigma(\bar{\Lambda}) &= 70 \pm 30 \text{ мкб}. \end{aligned}$$

Величины этих сечений также хорошо согласуются с данными, полученными в pp-взаимодействиях при высоких энергиях.

Получены данные об образовании странных резонансов в π^-p -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с^{5/}, которые раньше отсутствовали. Определены сечения и импульсные характеристики $K^{*-}(892)$, $K^{*+}(892)$, $\Sigma^{*+}(1385)$, $\Sigma^{*-}(1385)$, $\bar{\Sigma}^{*+}(1385)$. Найдено, что странные резонансы играют существенную роль в образовании

странных частиц K^0 , Λ и $\bar{\Lambda}$. Расположение области образования странных резонансов в импульсном пространстве и параметр подавления рождения странного кварка $\lambda = 0,18 \pm 0,04$ согласуются с предсказаниями аддитивной кварковой модели.

На большом статистическом материале по взаимодействиям π^- -мезонов с ядрами фотоэмульсий при импульсе 50 ГэВ/с найдено 6 событий с рождением короткоживущих частиц с временем жизни от 10^{-14} до 10^{-13} с^{6/}. Оценена величина сечения их образования, равная 6 ± 3 мкб/нукл.

С помощью спектрометра БИС-2 на серпуховском ускорителе в пучке нейтронов с энергией 40 ± 5 ГэВ определена поляризация Λ -гиперонов в зависимости от величины поперечного импульса Λ -гиперонов^{7/}. Поляризация достигает величины 30% и согласуется с результатами по величине поляризации Λ -гиперонов, образованных в pp-взаимодействиях.

3. На снимках с двухметровой пропановой камеры, облученной в пучке π^- -мезонов импульсом 40 ГэВ/с на серпуховском ускорителе, был продолжен анализ особенностей интерференции двух тождественных пионов. Было выяснено^{8/}, что в центральной области при $X < 0,1$ средние пробеги ρ -мезонов и ω -мезонов равны ~ 3 и ~ 50 Фм соответственно. Для отрицательных пионов, попадающих в резонансную область для ρ -мезонов, размер области излучения составляет ~ 3 Фм, а для $(\pi^+\pi^+)$ -пар - только ~ 1 Фм.

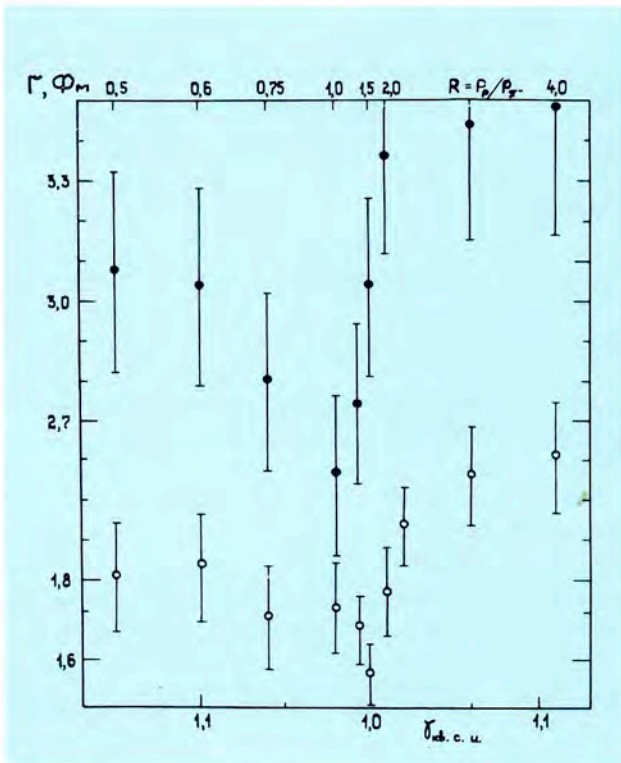


Рис.1. Зависимость размера области излучения пионов от величины лоренц-фактора движущихся систем относительно "кварковой" системы отсчета ($\gamma_{\text{кв. сист.}}=1$): \circ - для π^-p -взаимодействий, \bullet - для π^-C -взаимодействий при 40 ГэВ/с.

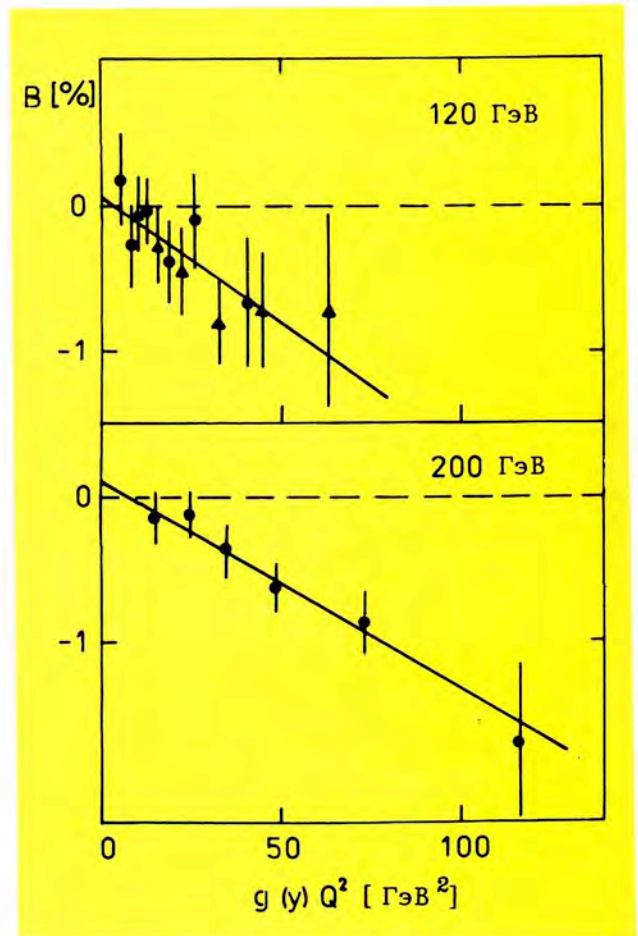
Получено указание, что пионы, рожденные при распаде ρ^0 -мезонов, интерферируют слабее, чем испущенные непосредственно в реакции π^-p -взаимодействий. Теоретически показано, что корреляционный метод измерения пространственно-временных параметров области генерации частиц можно использовать для выделения симметричной системы центра инерции сталкивающихся кварков или определения лоренц-фактора фрагментирующего кварка. Экспериментально^{/10/} такая система была обнаружена для тождественных пионов из π^-p -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с. Оказалось, что в с.ц.и. двух сталкивающихся кварков продольный размер области излучения пионов имеет минимальную величину (при угле разлета пионов $\theta(\pi\pi) = 60 \pm 120^\circ$) (рис. 1). Таким образом, неожиданно выяснилось, что продольный размер области генерации пионов зависит от величины лоренц-фактора этой системы ($\pi\pi$). Это обстоя-

тельство является экспериментальным подтверждением ранее предложенной в ЛВЭ ОИЯИ новой формулы релятивистского преобразования длины, т.е. "формулы удлинения"^{/11/}, по которой $l = l_0(1 - \beta^2)^{-1/2}$.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

На 400-ГэВ ускорителе ЦЕРН в совместном эксперименте ОИЯИ-ЦЕРН по изучению глубоконеупругого рассеяния мюонов на углеродной мишени исследовано взаимодействие μ^+ и μ^- с углеродом^{/12/}. На статистике 2 млн. событий при энергии 120 и 200 ГэВ экспериментально обнаружено различие во взаимодействии μ^+ и μ^- . Это различие наиболее сильно выражено для величины асимметрии "В" при поляризации мюонов, равной 1,0 (рис.2).

Рис.2. Зависимости величин асимметрии "В" от квадрата переданного импульса в μC -взаимодействии.



При 120 ГэВ $V = (0,06 \pm 0,17) + (-1,47 \pm 0,07) \cdot g(y) \cdot Q^2$, при 200 ГэВ $V = (0,15 \pm 0,17) + (-1,47 \pm 0,37) \cdot g(y) \cdot Q^2$. Величина асимметрии V связана с интерференцией между слабым и электромагнитным токами в мюон-кварковом взаимодействии. Результаты по величине V совпали с предсказаниями теории объединенного электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салла и позволили вычислить угол смешивания

$$\sin^2 \theta = 0,23 \pm 0,07 \text{ (стат.)} \pm 0,04 \text{ (сист.)}.$$

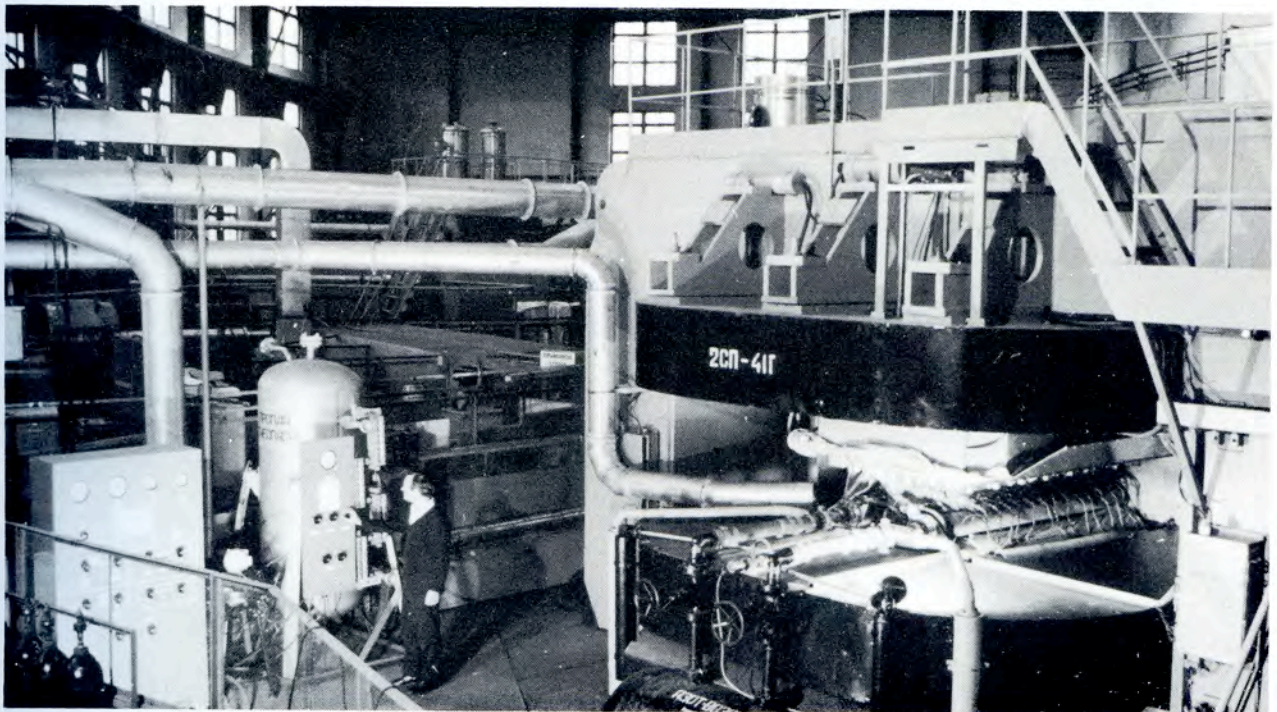
Определена величина изомультиплетного заряда мюона, равная $I_3^R = 0,00 \pm 0,06 \text{ (стат.)} \pm 0,04 \text{ (сист.)}$. Таким образом доказано, что мюон является правовинтовым синглетом. Впервые наблюдались мюонные нейтральные токи.

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

1. С помощью пузырьковых камер, облученных пионами и антипротонами на серпуховском ускорителе и ядрами на синхрофазотроне, изучались динамические особенности адрон-адронных и ядро-ядерных взаимодействий. Подробно исследованы характеристики пространственного расположения вторичных частиц в импульсном пространстве этих частиц в с.ц.и.-реакции. С использованием кол-

лективных переменных ("сферичность", "траст" и других) определены особенности конфигурации в событиях^{/13/}. Для π^-p -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с при всех множественностях заряженных частиц оказалось, что эти взаимодействия обладают в основном двухструйной структурой, причем относительно главной оси события имеется выстроенность вторичных частиц. Наблюденная струйная конфигурация в событиях по аналогии с e^+e^- или νp -взаимодействиями подтверждает образование частиц через механизм адронизации взаимодействующих кварков. Для столкновений пион-ядро^{/14/} (например, π^-C -взаимодействия при импульсе 40 ГэВ/с) струйный характер конфигурации усложнился. Для вторичных адронов, летящих по направлению движения падающих пионов, струйные характеристики хорошо согласуются с аналогичными характеристиками для e^+e^- или νp -взаимодействий при одинаковой энергии в с.ц.и. сталкивающихся частиц. Но струйное поведение вторичных частиц, летящих в заднюю полу-сферу в с.ц.и.-реакции пион-ядро, не

С помощью двухметровой пропановой камеры установлен струйный характер рождения вторичных частиц, подтверждающий образование частиц через механизм адронизации взаимодействующих кварков.



противоречит каскадному механизму образования струй на ядрах. В (С+С)-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с/нуклон наблюдалось^{/15/} струйное рождение вторичных заряженных частиц, коллимированных в основном по направлению движения сталкивающихся ядер. Однако в многонуклонных (С+С)-взаимодействиях конфигурации частиц в событиях становятся более сферичными. Свойства частиц в (С+С) взаимодействиях не противоречат также предсказаниям, сделанным с помощью модели внутриядерного каскада и в предположении независимости нуклон-ядерных взаимодействий. Результаты изучения конфигурации $\bar{p}p$ -взаимодействий при импульсе 22,4 ГэВ/с свидетельствуют^{/16/} о многоструйной структуре событий. В связи с тем, что методически труднее выделять присущие этим событиям трехструйный или четырехструйный характеры конфигурации частиц, был выявлен преимущественно коллинеарный характер конфигурации этих событий.

2. С помощью магнитного спектрометра "Альфа" проведено уточнение результатов по импульсному спектру протонов с углами вылета меньше $0,4^\circ$ из реакции стриппинга $d + C \rightarrow p + X$ при импульсе дейтронов 4,45 ГэВ/с/нуклон на синхрофазотроне^{/17/}. Показано, что известная волновая функция дейтрона с парижским потенциалом непригодна для описания дейтрона в области больших значений относительных импульсов нуклонов в с.ц.и. дейтрона (импульсы нуклона от 0,2 до 0,6 ГэВ/с). В этой области импульсов было обнаружено превышение на 300-

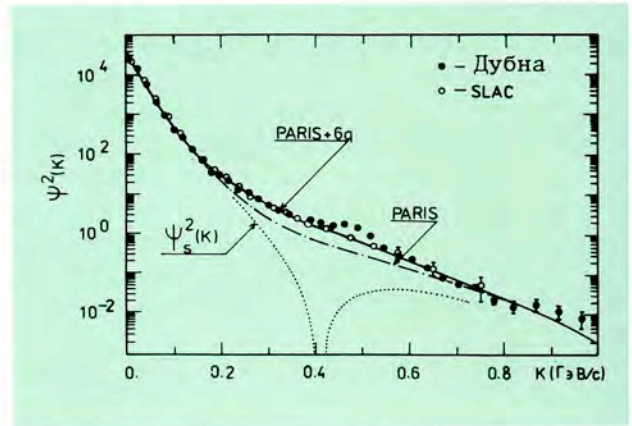


Рис. 3. Зависимость квадрата волновой функции дейтрона от величины относительного импульса нуклонов в с.ц.и. дейтрона.

400% измеренных значений над рассчитанными с учетом парижского потенциала (рис. 3). Сравнение данных на мишенях С и CH_2 исключило влияние процессов, дающих вклад Δ -изобар в промежуточном состоянии дейтрона. Наблюдавшееся превышение удалось хорошо описать с помощью добавления в волновую функцию дейтрона шестикварковой компоненты. В результате подгонки к данным на углеродной мишени определены параметры шестикварковой компоненты:

- среднеквадратичный радиус $6q$ -состояния - $0,95 \pm 0,05$ Фм;
- величина примеси $6q$ -состояния - $4,3 \pm 0,4\%$;
- относительная фаза двухнуклонной и $6q$ -компоненты - 82 ± 6 .

В результате экспериментов на установке "Альфа-3с" получена оценка примеси шестикварковой компоненты в волновой функции дейтрона.



3. Подробно изучены характеристики кумулятивного образования π^{\pm} , K^{\pm} и \bar{p} в заднюю полусферу в столкновении протонов с ядрами D, He, Al, Pb и дейтронов с ядрами Al, Cu, Pb при импульсе 8,9 ГэВ/с на синхрофазотроне^{/18/}. В области кумулятивных чисел $X = 0,25 \div 3,4$ найдено, что продольное импульсное распределение кварков с исследуемых ядер в пределах ошибок одинаково и описывается зависимостью

$$G(X) = \exp[-X/0,14].$$

Для ядер с большим массовым числом A и в случае реакций с кумулятивным числом $X > 1$ зависимость сечения образования кумулятивных частиц от A в жестких процессах имеет "объемный" характер: $\sigma \sim A^1$.

4. На установке МАССЕР-130 по программе поиска кумулятивных резонансов в пучке пионов с импульсом 3,8 ГэВ/с на синхрофазотроне получена оценка величины инвариантного сечения образования кумулятивных ω -мезонов:

$$E \frac{d^3\sigma}{dp^3} < 0,15 \frac{\text{мб} \cdot \text{ГэВ}}{(\text{ГэВ}/c)^3}$$

для кумулятивного числа $X = 2,41$ ^{/19/}. С помощью пропановой пузырьковой ка-

меры определены характеристики кумулятивного образования пионов и протонов в π^-C -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с^{/20/}. Выяснилось, что процессы кумулятивного образования пионов и протонов практически независимы (только в 12% событий имеется совместное образование кумулятивных протонов и пионов). Однако сечения их образования близки и равны ~ 12 мб. При облучении пропановой камеры ядрами углерода с импульсом 4,2 ГэВ/с/нуклон определено сечение взаимодействия вторичных фрагментов углерода с зарядом 5 и 6 в пропане^{/21/}. Было установлено, что сечения взаимодействия этих фрагментов на $(10 \pm 3)\%$ больше ожидаемой величины. Этот результат подтверждает возможное существование возбужденных фрагментов с аномально большим сечением взаимодействия и временем жизни $\tau \geq 10^{-10}$ с. Определены некоторые характеристики процесса множественного образования γ -квантов, Λ -гиперонов и K^0 -мезонов в $(d+Ta)$ - и $(C+Ta)$ -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с/нуклон^{/22/}. В частности, было найдено, что средние множественности γ -квантов, Λ - и K^0 -частиц при переходе от $(d+Ta)$ к $(C+Ta)$ -взаимодействиям возрастают пропорционально среднему числу провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда.

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. В лаборатории продолжалась работа по автоматизации экспериментальных установок физики высоких энергий, стендов для проведения исследований по ускорительной технике, криогенных испытаний.

Для ускорения работы специализированных процессоров в физических установках унифицирован ряд схем процессоров. Создано несколько типов быстродействующих блоков умножения, используемых в алгоритмах отбора полезных событий^{/23/}. Предложен новый экономный способ построения быстродействующих устройств комбинаторного отбора по числу частиц, прошедших через многоканальный детектор заряженных частиц^{/24/}. На базе алгебраической теории кодирования предложен алгоритм для построения

мажоритарных схем совпадений более чем на 150 входов. Для экономии больших интегральных схем и улучшения характеристик аппаратуры создан дискриминатор точной временной привязки для последующего временного анализа в комплексе с конвертором время-амплитуда^{/25/}. Установлена связь между основными параметрами кодирующих устройств и параметрами параллельных шифраторов, применяемых в годоскопических системах^{/26/}. Это позволяет создавать кодирующие устройства с заданными свойствами.

2. Создана электронная аппаратура и матобеспечение для автоматизации обработки измерений параметров сверхпроводников на ЭВМ^{/27/}. Введена в экс-

платацию разработанная на основе микропроцессора MISKA система диагностики и управления большим гелиевым ожигителем высокой производительности^{/28/}. Для автоматизации управления работой установки в аperiodическом режиме разработано развитое математическое обеспечение, а число измеряемых точек доведено до 150.

3. Для повышения эффективности использования базовой ЭВМ лаборатории сданы в эксплуатацию новые версии опе-

рационной системы ЕС ЭВМ. Для автономной проверки отыскания неисправностей и наладки устройств ввода/вывода ЭВМ создан программный имитатор канала единой системы ЭВМ^{/29/}. В связи с этим отпала необходимость использовать для наладки устройств непосредственно машинное время ЭВМ. Создана система для подключения к базовой ЭВМ любых других ЭВМ (имеющих выход на магистраль КАМАК) и сети удаленных терминалов^{/30/}.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И УСТАНОВОК

1. На ускорителе получен^{/31/} ускоренный пучок ядер изотопа ^{22}Ne . У этого ядра отношение $m/Z = 2,2$, что на 10% больше аналогичной величины для примесных ядер В, С, N, O. Закон связи частоты ускоряющего напряжения с ведущим магнитным полем был подобран для резонансного ускорения ядер с $m/Z = 2,2$. В процессе ускорения практически все ядра примеси с отношением $m/Z = 2$ быстро выбыли из ускорения. Чистым пучком ядер ^{22}Ne облучены физические установки и ядерная фотоэмульсия.

Проведены расчеты и смонтировано дополнительное оборудование на трассе быстрого вывода пучка из синхротрона. Результаты опробования показали увеличение интенсивности более чем в 10 раз^{/31/}.

Для управления и контроля работы источника дейтронов "Полярис" надежно зарекомендовала себя система с волоконно-оптическими линиями связи в условиях напряжения 700кВ (относительно земли) и мощных радиочастотных полей^{/32/}. В системе используются многоканальные линии связи с полосой пропускания от нуля до десяти мегагерц.

2. В лаборатории разработаны сверхпроводящие магнитные системы, предназначенные для накопления опыта создания сверхпроводящего ускорителя, необходимого для подготовки технического проекта нуклотрона^{/33/}. На примере из трех периодов этой магнитной системы (в каждом периоде два магнита и две линзы) определено поведение сверхпроводящей магнитной системы. Кроме магнитов и линз в каждом периоде содержится сверхвысоковакуумная камера, гелиевый и азотный криостаты со вспомогательным оборудованием. Сверхпроводящая обмотка уложена на железный сердечник магнита с поперечным размером $150 \times 140 \text{ мм}^2$, рассчитанный на магнитное поле 2,3 Т при токе 2100 А. Магнит охлаждается путем погружения в жидкий гелий. При испытаниях магнитов для них не потребовалось предварительной тренировки, а для линз критический ток достигал 100%-й величины после 5-6 переходов в нормальное состояние. Малые размеры магнитной системы позволили использовать небольшие количества сверхпроводника, что существенно снизило стоимость такого магнита и уменьшило влияние ряда нежелательных эффектов. Разработанная конфигурация магнитов и линз обеспечила вы-

сокую повторяемость параметров магнитных систем при их серийном изготовлении. Накопленный опыт показал перспективность и экономичность использования сверхпроводящих магнитов с магнитным полем, формируемым с помощью железа, в области создания ускорителей на средние и большие энергии.

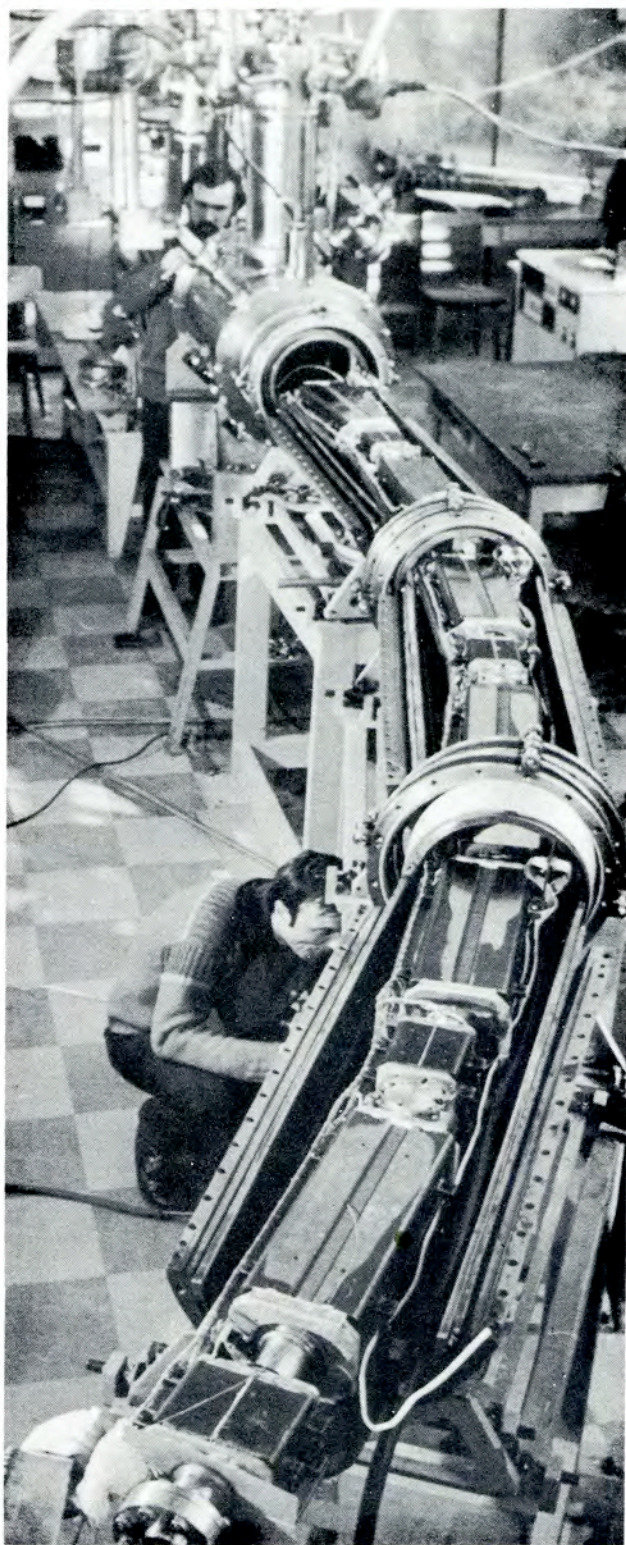
Другое направление, развиваемое в лаборатории, связано с разработками магнитов с железным сердечником, но охлаждаемых с помощью обмотки из трубчатого сверхпроводника, по которой циркулирует жидкий или двухфазный гелий^{/34/} (пар + жидкость). Получены результаты, показавшие принципиальную возможность охлаждения магнитов типа "оконная рама" с обмоткой из трубчатого сверхпроводника с охлаждением двухфазным гелием.

Проведены теоретические расчеты и экспериментально изучены энергетические потери, возникающие в сверхпроводящих магнитах при эвакуации запасенной энергии^{/35/}. Исследовано влияние энергетических потерь на стабильность и скорость перехода в нормальное состояние обмоток магнитов. Выяснено, что при определенных условиях потери могут эффективно переводить обмотки магнитов в нормальное состояние в начале процесса эвакуации.

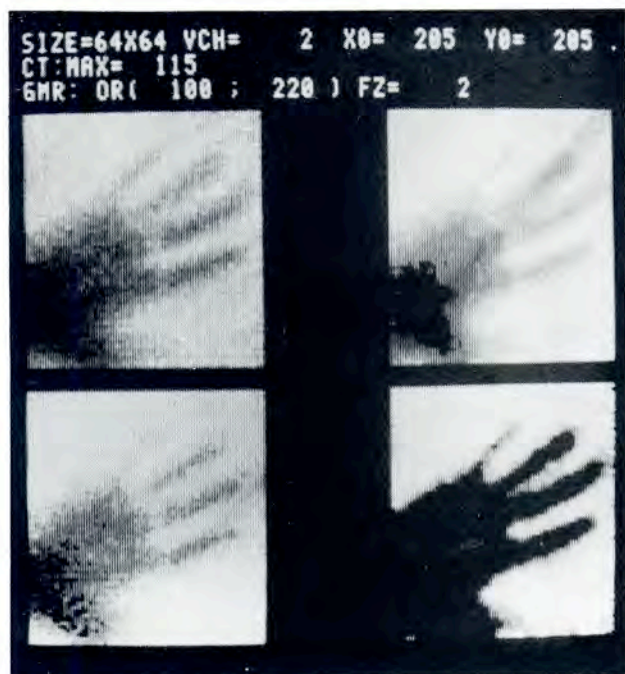
Для определения параметров магнитного поля сверхпроводящих дипольных магнитов в "теплом" режиме усовершенствован стенд и аппаратура на линии с ЭВМ^{/36/}. Для магнитов с полями порядка 0,03 Т и линз с градиентом 2,5 Т/м обеспечено проведение прецизионных измерений с относительной точностью лучше 10^{-4} по основной гармонике магнитного поля и $0,01^\circ$ при определении ее фазы.

Для электропитания криогенных устройств разработаны и испытаны две конструкции высоковольтных многоамперных тоководов в жидкий гелий^{/37/}. Образцы тоководов успешно выдержали ток до 5,5 кА при постоянном напряжении 80 и 100 кВ.

Исследована теплопроводность сплавов ниобий-титан с большим содержанием компонента и различными структурными дефектами в интервале температур от 4,2 до 30 К^{/38/}. Выяснено, что низкие величины теплопроводности обусловлены малым значением электронной компоненты теплопроводности, а ход теплопроводности в сверхпроводящем состоянии зависит от фононной компоненты.



Разрабатываемые в лаборатории сверхпроводящие магнитные системы предназначены для накопления опыта создания сверхпроводящего ускорителя. На снимке: три периода сверхпроводящей магнитной системы с полем, формируемым железом.



Изображение кисти руки, полученное с помощью рентгеновского детектора на основе многопроводочной камеры. Различные изображения на дисплейной системе – результат обработки на ЭВМ по различным критериям.

1. Для оперативного накопления и обработки двумерной рентгеновской дифракционной картины улучшен рентгеновский детектор АРД-1 с максимальным быстродействием 250 000 событий в секунду^{/39/}. Прибор используется в биологических исследованиях, в частности для изучения структуры монокристаллов белка.

2. Начиная с 1976 г. на канале медленного вывода синхрофазотрона проводятся работы по определению относительной биологической эффективности заряженных частиц и легких ядер высокой энергии^{/40/}. Для исследования глубинного распределения поглощенной дозы изготовлены фантомы (тканезквивалентная пластмасса) мелких лабораторных животных. Определены фазовые и спектральные характеристики полей радиационного воздействия на биологические объекты.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИНХРОФАЗОТРОНА

Ускоритель работал:

а) на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и физике релятивистских ядер - 3156 часов с достигнутой интенсивностью $4,0 \times 10^{12}$ ускоренных протонов, $1,0 \times 10^{12}$ уско-

ренных дейтронов, 5×10^{10} ускоренных ядер гелия, $1,0 \times 10^7$ ядер углерода, 1×10^4 ядер неона-22 за один цикл ускорения;

б) на совершенствование систем ускорителя - 398 часов.

ЛИТЕРАТУРА*

1. Шахбазян Б.А. ОИЯИ, Е1-81-776, Дубна, 1981; ОИЯИ, Е1-82-446, Дубна, 1982.
2. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, Е1-82-516, Дубна, 1982.
3. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-82-116, Дубна, 1982; ОИЯИ, Р1-82-343, Дубна, 1982.
4. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Р1-82-353, Дубна, 1982.
5. Кладницкая Е.Н. и др. ОИЯИ, Р1-82-569, Дубна, 1982.
6. Али-Муса Н. и др. ОИЯИ, Д1-82-715, Дубна, 1982.
7. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Р1-82-360, Дубна, 1982.
8. Ахабабян Н.О. и др. ОИЯИ, 1-81-723, Дубна, 1981.
9. Подгорецкий М.И. ОИЯИ, Р2-82-398, Дубна, 1982.
10. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-82-559, Дубна, 1982.
11. Стрельцов В.Н. ОИЯИ, Р2-82-699, Дубна, 1982.
12. Арженто А. и др. ЦЕРН-ЕР, 82-149, 1982.
13. Гришин В.Г. и др. ОИЯИ, Р1-82-252, Дубна, 1982.
14. Гришин В.Г. и др. ОИЯИ, Р1-82-393, Дубна, 1982.
15. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, Р1-82-508, Дубна, 1982.
16. Батюня Б.В. и др. ОИЯИ, 1-82-687, Дубна, 1982.
17. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, Е1-82-377, Дубна, 1982.
18. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Е1-82-472, Дубна, 1982.
19. Архипов В.В. и др. ОИЯИ, Р1-82-614, Дубна, 1982.
20. Любимов В.Б. и др. ОИЯИ, Р1-82-363, Дубна, 1982.
21. Ахабабян Н.О. и др. ОИЯИ, Е1-82-510, Дубна, 1982.
22. Ахабабян Н.О. и др. ОИЯИ, Д1-82-445, Дубна, 1982.
23. Базиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-82-152, Дубна, 1982.
24. Гайдамака Р.И. и др. ОИЯИ, Р13-82-628, Дубна, 1982.
25. Базиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 13-82-148, Дубна, 1982.
26. Никитюк Н.М. ОИЯИ, Р11-81-784, Дубна, 1981.
27. Хоанг Као Зунг. ОИЯИ, 10-82-830, Дубна, 1981.
28. Агапов Н.Н. и др. ОИЯИ, Р10-82-368, Дубна, 1982.
29. Дыдышко В.Ф. и др. ОИЯИ, 10-82-622, Дубна, 1982.
30. Базылев С.Н. и др. ОИЯИ, 10-82-600, Дубна, 1982.
31. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-82-556, Дубна, 1982.
32. Романов Ю.И. ОИЯИ, 13-82-279, Дубна, 1982.
33. Шелаев И.А. и др. ОИЯИ, Р9-82-383, Дубна, 1982.
34. Дьячков Е.И. и др. ОИЯИ, 8-82-169, Дубна, 1982.
35. Кабат Д. и др. ОИЯИ, Р8-82-218, Дубна, 1982.
36. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, Р9-82-609, Дубна, 1982.
37. Анищенко Н.Г. и др. ОИЯИ, 8-82-172, Дубна, 1982.
38. Херцог Р. и др. ОИЯИ, Р8-81-765, Дубна, 1981.
39. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 10-81-815, Дубна, 1981.
40. Зиновьев Л.П. и др. ОИЯИ, 18-82-65, Дубна, 1982.

*Цитируются избранные работы.