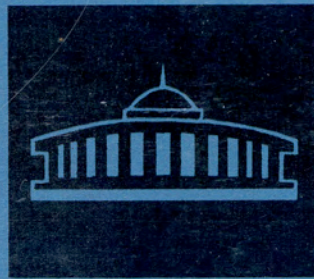


ДУБНА·1974

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

11
СЗМ
0-292
2-19772.



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1974 · DUBNA

Лаборатория высоких энергий

В лаборатории велись научные исследования по физике элементарных частиц, в области релятивистской ядерной физики, работы по созданию новых приборов для проведения физических экспериментов, по разработке и совершенствованию методов проведения экспериментов, по совершенствованию основной ускорительной базы лаборатории - синхрофазотрона, по расширению возможностей синхрофазотрона для постановки новых экспериментов. Важная часть научной программы лаборатории была связана с экспериментами на Серпуховском ускорителе 70 ГэВ и на ускорителе 400 ГэВ в Батавии.

Большая часть исследований проводилась на основе широкого международного сотрудничества с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

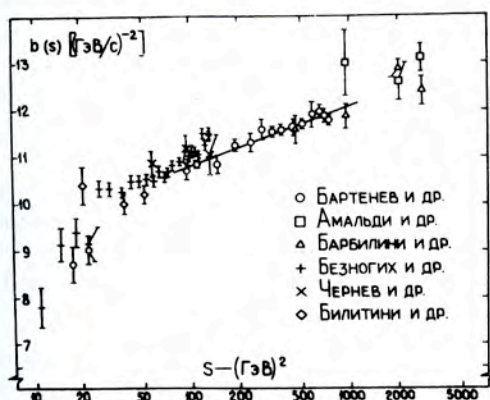
Научно-исследовательские работы

Поведение амплитуд рассеяния в зависимости от энергии взаимодействующих частиц

1. Завершена обработка измерений в эксперименте по изучению упругого pp -рассеяния в интервале энергий от 9 до 400 ГэВ, проведенного в рамках советско-американского соглашения на ускорителе 400 ГэВ /Батавия/. В опыте использовалась газовая струйная водородная мишень с регистрацией протонов отдачи с помощью позиционных полупроводниковых детекторов.

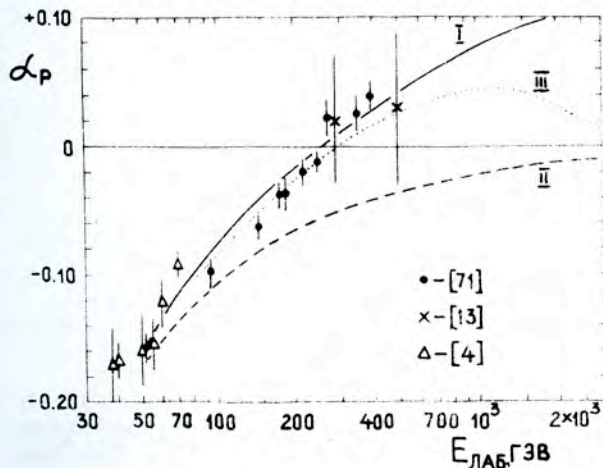
Для дифракционного упругого pp -рас-

сеяния вперед измерен наклон $b(s)$ в диапазоне переданных импульсов $|t| = 0,005 \div 0,09 \text{ ГэВ}^2$. Обнаружен /рис. 1/ рост наклона $b(s)$ в зависимости от s . В интервале $s = 100 \div 750 \text{ ГэВ}^2$ значения величин наклона $b(s)$ описаны зависимостью $b(s) = b_0 + 2\alpha' \ln s$, где $b_0 = 8,23 \pm 0,27$ и $\alpha' = 0,278 \pm 0,024 \text{ ГэВ}^{-2}$.



1. Наклон дифракционного пика $b(s)$ для переданного импульса $|t| \leq 0,12 \text{ ГэВ}^2$ в зависимости от квадрата полной энергии в с.ц.м.

Отношение α_{pp} реальной части амплитуды упругого pp -рассеяния вперед к мнимой части, измеренное в области энергии $E = 50 \div 400 \text{ ГэВ}$, составляет /рис. 2/



$$\alpha_{pp} = -0,157 \pm 0,012 \text{ при } E = 51,5 \text{ ГэВ}$$

$$\alpha_{pp} = +0,039 \pm 0,012 \text{ при } E = 393 \text{ ГэВ}.$$

Величина $\alpha_{pp} = 0$ при значении $E = 280 \pm 60 \text{ ГэВ}$. После указаний, полученных в эксперименте на встречных пучках ЦЕРНа, впервые надежно установлен экспериментальный факт, что α_{pp} при высоких энергиях меняет знак с отрицательного на положительный.

В интервале $9 \div 400 \text{ ГэВ}$ вычислено сечение упругого протон-протонного рассеяния. В области энергий больше 100 ГэВ наблюдается рост сечения упругого протон-протонного рассеяния /рис. 3/.

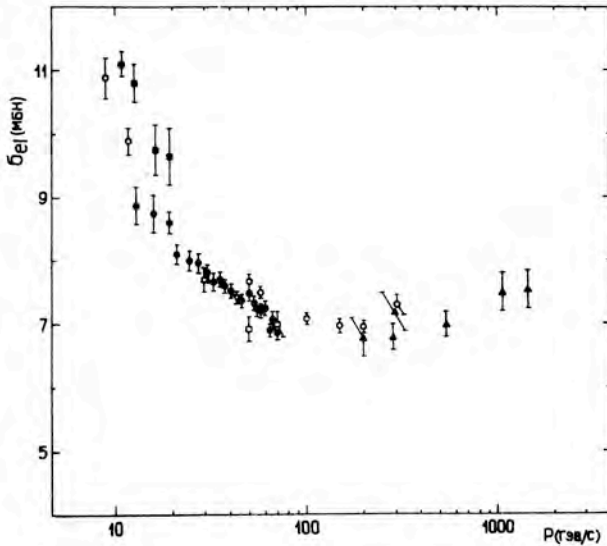
Интересной особенностью поведения упругого сечения является практическое постоянство отношения упругого сечения к полному $\sigma_{el} / \sigma_{tot}$ при энергиях свыше 100 ГэВ .

В проведении эксперимента и обработке измерений участвовали физики ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/, Rochesterского ун-та /Рочестер/.

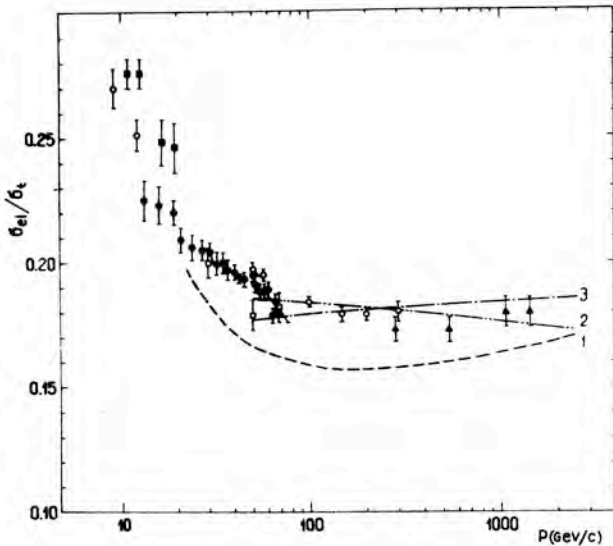
2. Изучено дифракционное упругое pp -рассеяние в области импульсов $50 \div 385 \text{ ГэВ}/c$ с помощью газовой струйной дейтериевой мишени и набора полупроводниковых детекторов на ускорителе У-400

2. Отношение реальной и мнимой частей амплитуды упругого pp -рассеяния вперед при $t = 0$ в зависимости от энергии. Кривые вычислены по дисперсионным соотношениям с вариантами: I - величины полных сечений $\sigma_{el}(pp)$ и $\sigma_{tot}(pp)$ растут, как $0,49 \ln^2 (S/122)$ до E_{∞} , II - полное сечение $\sigma_{el}(pp)$ при энергии $E = 120 \text{ ГэВ}$ является константой, равной 38 мбн , III - полное сечение $\sigma_{tot}(pp)$ при энергии $E = 2000 \text{ ГэВ}$ становится постоянным, равным $44,2 \text{ мбн}$. Во всех трех вариантах предполагается, что $\sigma_{el}^{(+)}/\sigma_{tot}^{(+)}$ стремится к $\sigma_{el}(pp)$ как $E^{-0,60}$.

/Батавия/ советско-американской группой.



3. Энергетическая зависимость сечения упругого протон-протонного рассеяния.



4. Энергетическая зависимость отношения сечений $\sigma_{el} / \sigma_{tot}$ для pp-взаимодействия.

В интервале переданных импульсов $|t| = 0,05 \div 0,12 \text{ ГэВ}^2$ дифференциальное сечение упругого $p d$ -рассеяния фитировалось функцией

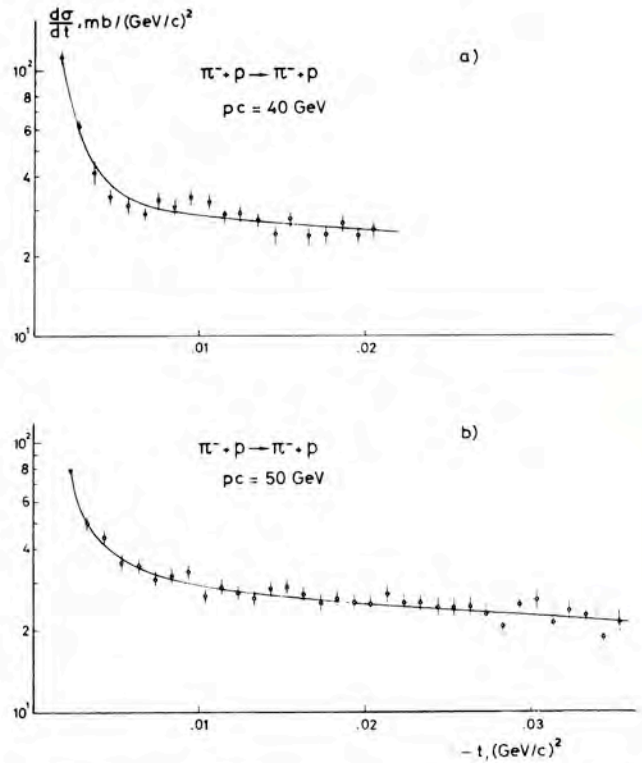
$$\frac{d\sigma}{dt} = \exp(bt + ct^2).$$

Определено

$b(s) = /35,7 \pm 1,1/ + /0,73 \pm 0,17/ \ln s$, а величина c бралась постоянной, равной $c = 0,06 \text{ ГэВ}^{-4}$.

В получении экспериментальных данных участвовали сотрудники ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/ и Рочестерского ун-та /Рочестер/.

3. Завершена обработка результатов эксперимента по изучению упругого $\pi^- p$ -рассеяния при импульсах пионов 40 и



5. Дифференциальные сечения упругого $\pi^- p$ -рассеяния при энергиях 40 и 50 ГэВ.

50 ГэВ/с на малые углы на Серпуховском ускорителе с помощью магнитного искрового спектрометра. По 5000 событиям упругого π^-p -рассеяния при 40 ГэВ/с и 8000 событиям при 50 ГэВ/с определены дифференциальные сечения $d\sigma/dt$ в зависимости от переданного импульса /рис. 5/.

Для величины отношения реальной части амплитуды упругого рассеяния вперед к мнимой части получено значение:

$$a_{\pi p} = -0,074 \pm 0,033 \text{ при } 40 \text{ ГэВ/с}$$

$$a_{\pi p} = -0,006 \pm 0,026 \text{ при } 50 \text{ ГэВ/с.}$$

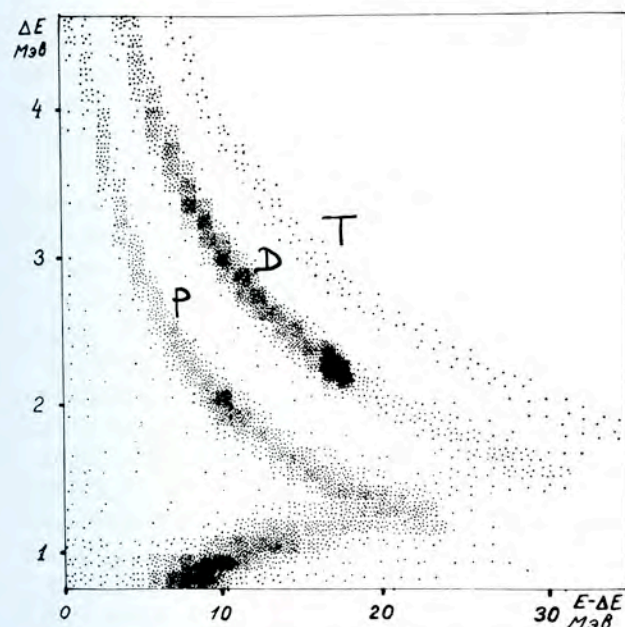
Работа проведена сотрудниками ОИЯИ, ИФВЭ /Серпухов/ и Калифорнийского университета.

4. Начато изучение процессов упругого dd -рассеяния на синхрофазотроне в интервале энергий 6-10 ГэВ с помощью спектрометра частиц отдачи. Принцип действия установки состоит в реализа-

ции режима многократного прохождения внутреннего пучка ядер синхрофазотрона через тонкую мишень при одновременной регистрации угла вылета и энергии частиц отдачи. Часть детекторов частиц отдачи может устанавливаться неподвижно, а часть передвигается в диапазоне углов от 75 до 91,5° по отношению к направлению пучка. Работа ведется на линии с ЭВМ. Предусмотрен режим двумерного анализа спектров частиц отдачи для обеспечения идентификации частиц отдачи /рис. 6/.

В области переданных импульсов $t/t_0 = 0,008 \div 0,15$ ГэВ² исследовалось упругое dd -рассеяние при энергии дейтронов от 6 до 10 ГэВ. Получены предварительные данные о дифференциальном сечении упругого dd -рассеяния.

В проведении эксперимента участвуют сотрудники ОИЯИ и ИЯИ /Варшава/.



6. Двухмерный спектр частиц отдачи, полученный при изучении упругого dd -рассеяния.

Механизм

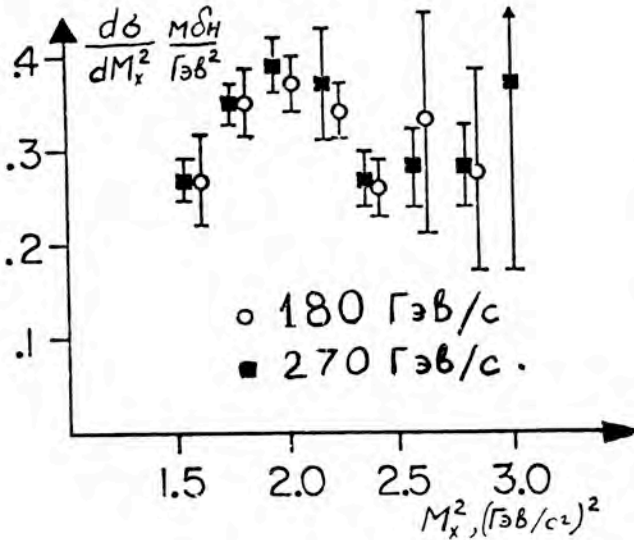
рождения и распада частиц и резонансов.

Поиск новых резонансов

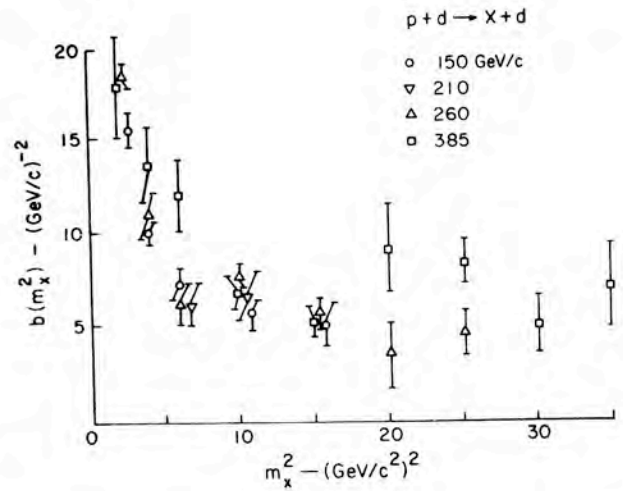
1. Проведена обработка измерений неупругого pd -взаимодействия в области энергий $E = 50 \div 400$ ГэВ на ускорителе У-400 /Батавия/ с помощью газовой струйной дейтериевой мишени и набора ΔE , E -сэндвичей полупроводниковых детекторов.

При изучении реакции $pd \rightarrow N^*d$ установлено, что при энергиях 180 и 270 ГэВ сечение дифракционного возбуждения N^* в области малых масс N^* не зависит от энергии /рис. 7/.

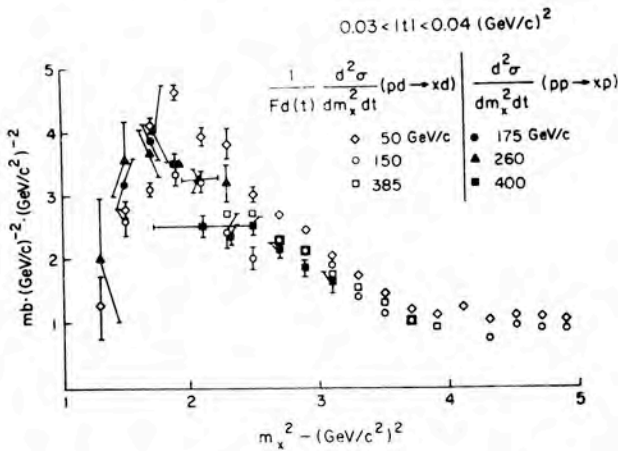
Изучено поведение инвариантного сечения дифракционной диссоциации на дейтроне в реакции $pd \rightarrow Xd$ в области энергий $E = 50 \div 4000$ ГэВ для интервала переданных импульсов $t/t_0 = 0,03 \div 0,12$ ГэВ². Обнаружено, что в спектре малых масс доминирует макси-



7. Энергетическая зависимость сечения возбуждения N^* в реакции $pd \rightarrow N^*d$.



9. Зависимость наклона дифференциального сечения образования X в реакции $pd \rightarrow Xd$ при высоких энергиях.



8. Сечение образования $M^2(x)$ в реакции $pd \rightarrow Xd$ при высоких энергиях.

мум при $M^2(x) \approx 1,8 \text{ ГэВ}^2/\text{рис. 8/}$, а t -зависимость сечений при фиксированном $M^2(x)$ — характеризуется быстрым уменьшением величины наклона b от значения 18 ГэВ^{-2} при $M^2(x) \geq 6 \text{ ГэВ}^2$ /рис. 9/.

В получении результатов и обработке измерений принимают участие физики ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/ и Рочестерского ун-та.

2. Продолжается исследование неупругих π^-p , π^-n и π^-C -взаимодействий при импульсе $40 \text{ ГэВ}/с$ с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной на ускорителе $70 \text{ ГэВ}/Сerpухов/$. Сотрудничество лабораторий Алма-Аты, Будапешта, Бухареста, Варшавы, Дубны, Кракова, Москвы, Серпухова, Софии, Ташкента, Улан-Батора, Ханоя, Чандигара /Индия/ на статистике 10500 событий π^-p - и π^-n -взаимодействий, 15000 гамма-квантов в πN -взаимодействиях и около 12000 Λ -и K^0 -частиц получило следующие результаты:

а/ Обнаружен ранний скейлинг в области фрагментации пиона для реакции $\pi^-p \rightarrow \pi^+ \dots$ при $E \geq 5 \text{ ГэВ}$, для которого достаточно условия экзотичности фраг-

ментирующей системы /в данном случае $\pi^- \pi^-$ /.

б/ В области фрагментации нуклона-мишени получено указание на ранний скейлинг только при условии экзотичности реакции /для $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \dots$ скейлинг имеется/.

в/ Для $\pi^- N$ -реакции с рождением 2π -мезонов обнаружены близкие корреляции 2π -мезонов с длиной корреляции $L \approx 2$.

г/ Значение величины корреляционной функции

$$R(y_1, y_2) = \sigma_{in} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2} / \frac{d\sigma}{dy_1} \cdot \frac{d\sigma}{dy_2} - 1$$

для системы $(\pi^+ \pi^-)$ примерно в 2 раза больше по сравнению с системой $(\pi^+ \pi^+)$ или $(\pi^- \pi^-)$.

д/ Значение $R(0,0)$ для $\pi^- p$ -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с в пределах $\pm 10\%$ совпадает с аналогичной величиной $R(0,0)$ для pp -взаимодействий при энергиях 200 и 1500 ГэВ .

е/ Определены сечения дифракционного процесса $\pi^- p \rightarrow p \dots$ $\sigma_d = 2,32 \pm 0,12 \text{ мбн}$ и множественность вторичных частиц $\langle n_{+,-} \rangle = 3,8 \pm 0,2$.

Сравнение сечений σ_d при импульсах 40 и 205 ГэВ/с /данные из Батавии/ показало их совпадение в пределах ошибок.

ж/ Сравнение нормированных структурных функций для реакций

$\pi^- p \rightarrow \gamma + \dots$ и $\pi^- C \rightarrow \gamma + \dots$ показало, что в области фрагментации пиона они совпадают в пределах $\pm 7\%$, а в области фрагментации протона и ядра углерода резко различаются, что совпадает с предсказаниями партонной модели.

з/ Продолжалось изучение инклюзивных распределений Λ^- -и K^0 -частиц.

и/ При изучении зарядового обмена в $\pi^- p$ -взаимодействиях получено, что существенную роль имеют процессы недифракционного типа /вплоть до энергии

400 ГэВ/ , что согласуется с предсказаниями мультипериферической модели с кластерами.

3. Исследование $\pi^- p$ -взаимодействий при импульсе 5 ГэВ/с проводится с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной на синхрофазотроне ОИЯИ.

Проведено сравнение расчетных данных по модели OPER с одним набором параметров и одним формфактором с экспериментальными данными реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$ /спектры эффективных масс, угловые распределения и т.д./ в широком интервале значений энергии от 2 до 205 ГэВ . Получено согласие не хуже 20% .

Завершено сравнение экспериментальных данных о реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^-$ с расчетами по модели OPER и получено удовлетворительное согласие. Обработка результатов велась физиками ОИЯИ в сотрудничестве с физиками ИТЭФ/Москва/.

4. Взаимодействие дейтронов с импульсом $3,3 \text{ ГэВ}$ с протонами изучалось с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной в пучке сепарированных дейтронов на синхрофазотроне ОИЯИ.

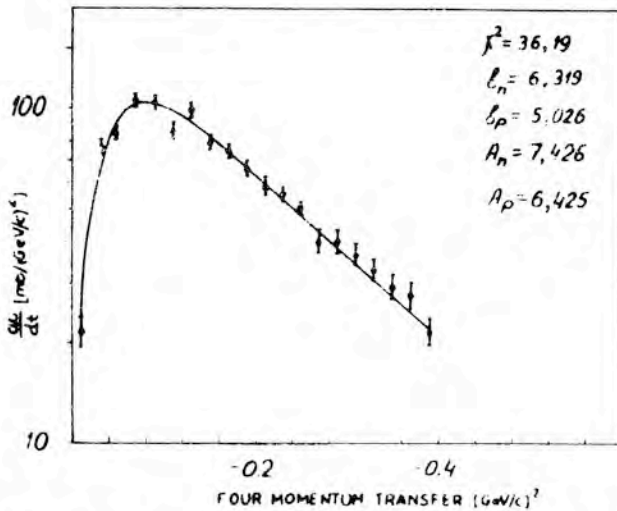
На статистике 8380 событий уточнено сечение реакции $dp \rightarrow ppp$ $\sigma = 37,2 \pm 1,4 \text{ мбн}$, а для реакции с сохранением зарядов у взаимодействующих частиц $\sigma = 30,8 \pm 1,2 \text{ мбн}$. Полученное дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ аппроксимировано функцией с формфактором Альбери, Берточчи и Бялковского /АВВ/ /рис. 10/.

Проведен анализ угловых распределений спектатора. Получено, что в области малых импульсов спектаторов / $0 - 40 \text{ МэВ/с}$ / для описания данных достаточно учесть только первую полюсную диаграмму.

Сделана оценка верхней границы при-

меси $\Delta\Delta$ -состояния в волновую функцию дейтрона: ~ 100 мкбн.

Работа проводится группами физиков ОИЯИ, ТГУ /Тбилиси/, ИЯИ /Варшава/, Варшавского университета.



10. Дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ реакции $dp \rightarrow ppp$.

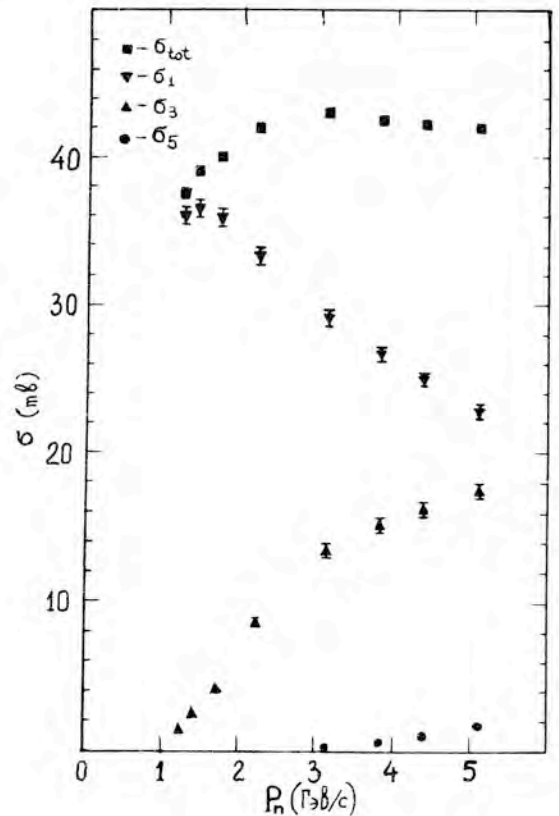
5. Взаимодействие антипротонов с импульсом 22,4 ГэВ/с с протонами изучается с помощью двухметровой жидководородной пузырьковой камеры "Людмила", облученной пучком сепарированных антипротонов на ускорителе 70 ГэВ /ИФВЭ, Серпухов/. Объединенная группа 10 лабораторий: Дубны, Бухареста, Праги, Кошице, Хельсинки, Москвы, Тбилиси, Алма-Аты на статистике 11558 событий провела анализ топологических сечений $\bar{p}p$ -взаимодействий. Рассчитана средняя множественность заряженных частиц

$$n_{+-} = 4,69 \pm 0,05 \text{ и ее дисперсия} \\ D = 2,30 \pm 0,06.$$

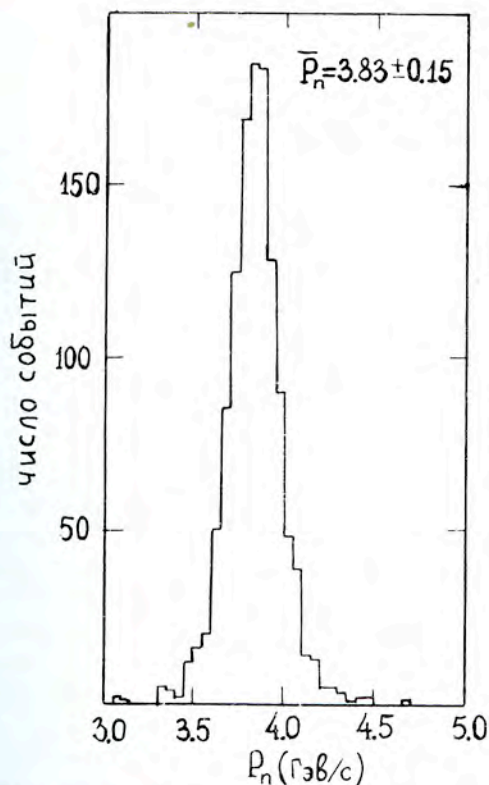
Исследован ранний KNO-скейлинг нормированных топологических сечений. За год получено 81 тыс. кадров в пучке антипротонов с импульсом 22,4 ГэВ/с.

6. Изучение взаимодействий моноэнергетических нейтронов с импульсами от 1 до 5 ГэВ/с с протонами проводится с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной в пучке нейтронов на синхрофазотроне ОИЯИ. На статистике ~ 200 тыс. звезд определены топологические сечения $p\bar{p}$ -взаимодействий /рис. 11/. Импульсный спектр нейтронов при импульсе $P = 3,8$ ГэВ/с приведен на рис. 12.

Работа ведется физиками ОИЯИ и ИАФ /Бухарест/.



11. Топологические сечения $p\bar{p}$ -взаимодействия в интервале импульсов от 1 до 5 ГэВ/с.



12. Импульсный спектр нейтронов, падающих на однометровую жидководородную пузырьковую камеру в одном из сеансов облучения.

7. Изучался механизм образования Λ -системы с помощью пропановой пузырьковой камеры, облученной пучком π^- -мезонов с импульсом 4 ГэВ/с пучком нейтронов со средним импульсом 7 ГэВ/с. Для имитации пика в спектре эффективных масс Λ -системы при 2058 МэВ использовалось выражение сечения Λ -рассеяния в приближении эффективного радиуса. Пики при значениях масс 2127 и 2251 МэВ описывались с помощью формул для сечения резонансного Λ -рассеяния в форме Брейта-Вигнера. Полученные результаты свидетельствуют в пользу предложенного механизма образования резонансных пиков Λ -системы

как следствия особенностей в сечении упругого рассеяния Λ p при низких энергиях.

8. Проведен анализ распадов K^0 -мезонов, зарегистрированных бесфильмовым искровым спектрометром на ускорителе 70 ГэВ/Серпухов/. Получены следующие результаты:

а/ на статистике 32 000 случаев распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ исследован коэффициент наклона квадрата матричного элемента, который оказался равным $a_1 = -0,280 \pm 0,014$.

б/ На статистике 50 000 случаев распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ e^- + \nu$ для линейной параметризации формфактора распада функцией

$$f_+(t) = f_+(0) \cdot (1 + \lambda_+ t / m_\pi^2)$$

получено значение параметра наклона

$$\lambda_+ = 0,047 \pm 0,005,$$

что хорошо согласуется со значением ранее полученной величины $\lambda_+ = 0,046 \pm 0,008$ для распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \mu^+ \nu$.

Работа ведется совместно ОИЯИ, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ИФВЭ /Берлин/.

9. Для изучения распада $K_S^0 \rightarrow 2\mu$ в ИФВЭ /Серпухов/ создан новый канал нейтральных частиц, на котором восстановлена экспериментальная установка - бесфильмовый искровой спектрометр. После запуска спектрометра на магнитные ленты записано 430 тыс. запусков установки, из них 300 тыс. по поиску $K_S^0 \rightarrow 2\mu$.

В работе участвуют сотрудники ОИЯИ, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ИФВЭ /Берлин/.

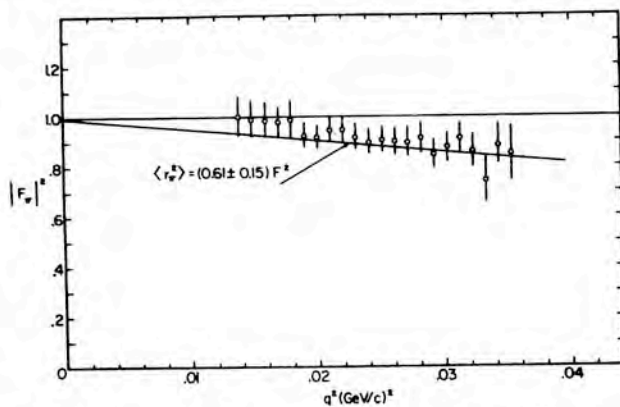
10. При изучении взаимодействия протонов с энергией 70 ГэВ и пионов с энергией 50 ГэВ с ядрами фотоэмульсии проведено сравнение совокупности экспериментальных данных с теоретическими моделями. Особенно близкое совпадение имеется с моделью Б.Н.Калинкина и В.Л.Шмонина. Сделан вывод о двух-

тактом механизме взаимодействия адрон-нуклон, связанном с образованием кластера с последующим его распадом. Оценено, что сечение взаимодействия адронного кластера в ядре сравнительно мало. Лаборатории Алма-Аты, Дубны, Душанбе, Еревана, Москвы, Ташкента начали исследовать взаимодействие пионов с энергией 50 ГэВ с ядрами фотоэмульсии, облученных в импульсном магнитном поле 200 кГс.

Электромагнитная структура элементарных частиц

1. Завершен анализ данных по определению электромагнитного радиуса пиона путем прямого рассеяния пионов с импульсом 50 ГэВ на электронах в водородной мишени с помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ на ускорителе 70 ГэВ/Серпухов/.

В результате обработки было выделено около 40 000 случаев упругого πe -рассеяния. Формфакторы были вычислены в интервале переданных импульсов $t/ = 0,014 \div 0,035$ ГэВ /рис. 13/. При малых



13. Зависимость $|F_\pi|^2$ от переданного импульса. Приведенные ошибки являются полными. Горизонтальная линия характеризует поведение формфактора точечного пиона, нуклонная - результат фитирования экспериментальных точек.

значениях переданных импульсов $t/$ получено, что среднеквадратичный радиус пиона равен

$$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2} = 0,78 \pm 0,10 \text{ Фм.}$$

Величина радиуса не противоречит ожидаемому результату из модели векторной доминантности и согласуется с данными других экспериментов.

Работа была проведена физиками ОИЯИ и Калифорнийского университета.

2. Проведен поиск распада $\eta^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ и $\chi^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ на пленках, полученных при облучении 30-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ОИЯИ в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 ГэВ/с. Поиск проводился с целью обнаружения эффекта нарушения С-инвариантности в электромагнитном или в сильном взаимодействии адронов. На статистике 1,3 млн. случаев $\pi^+ \chi^0$ -взаимодействий не найдено ни одного события, совместимого с распадом $\eta^0 (\chi^0) \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$. В предположении распределения Пуассона на 90%-ном доверительном уровне получены оценки пределов для относительной вероятности распада

$$R = \frac{\Gamma(\eta^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-)}{\Gamma(\eta^0 \rightarrow \dots)} < 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ для } \eta^0\text{-мезона,}$$

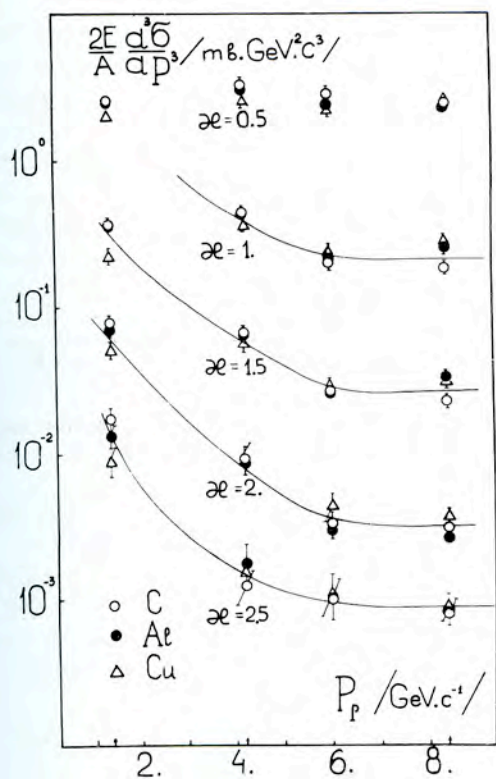
$$R = \frac{\Gamma(\chi^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-)}{\Gamma(\chi^0 \rightarrow \dots)} < 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ для } \chi^0\text{-мезона.}$$

Релятивистская ядерная физика

1. На синхрофазотроне ОИЯИ проведено исследование свойств кумулятивно-го мезообразования. С помощью электронной аппаратуры в антилабораторной системе координат медленно выведенным пучком протонов и дейтронов с импульсами 4,2,6 и 8,4 ГэВ/с на нуклон облучены ядра D, Li⁶, Li⁷, C, Al, Cu, Sm¹⁴⁴,

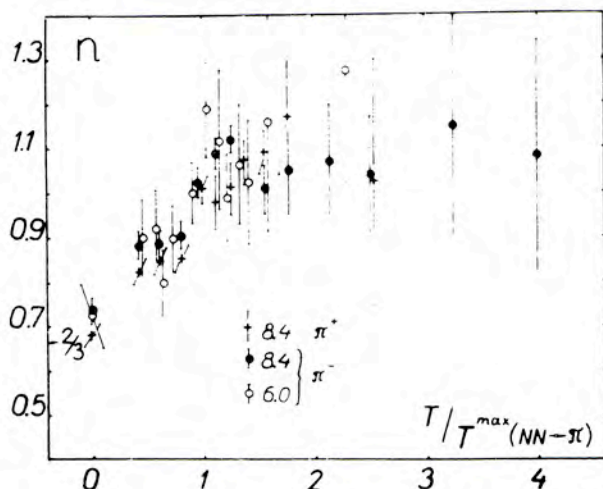
Sm^{154} , W^{182} , W^{186} и Pb . Получены следующие экспериментальные результаты:

а/ Показано, что в адрон-адронных ядерных взаимодействиях, начиная с импульса на один нуклон ядра 4 ГэВ/с , имеется не исчезающая с ростом импульса часть, соответствующая многонуклонным взаимодействиям /до пяти/, т.е. кумулятивному рождению вторичных частиц /рис. 14/.



14. Зависимость инвариантного сечения, нормированного на атомный вес фрагментирующего ядра от импульса, приходящегося на один нуклон ядра, для разных значений отношения k . k - отношение энергии рожденного пиона к максимально возможной по кинематике нуклон-нуклонного взаимодействия.

б/ Выход пионов в зависимости от атомного веса фрагментирующего ядра пропорционален объему ядра /рис. 15/, т.е. $\sigma_{кум} \sim A^n$, где $n \approx 1$.



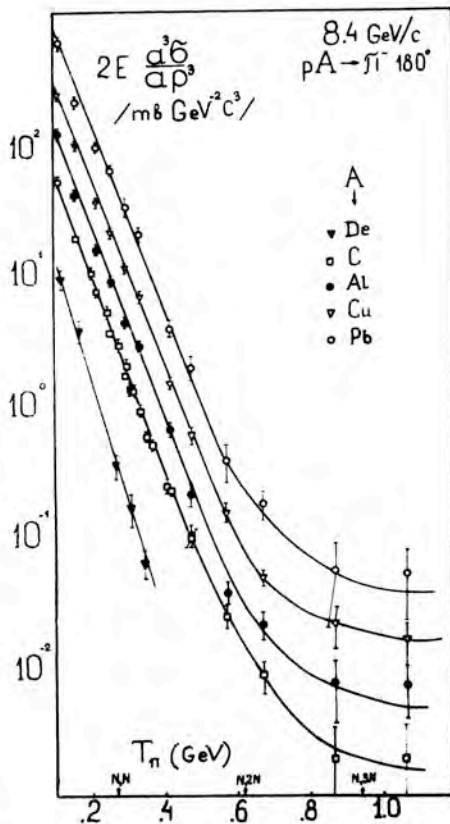
15. Зависимость показателя степени n для зависимости $\sigma_{кум} \sim A^n$ от отношения энергии рожденного пиона к максимально возможной по кинематике NN -взаимодействию.

в/ Энергетические спектры кумулятивных мезонов имеют экспоненциальный характер, причем параметры описания спектров практически не зависят от энергии /рис. 16/.

2. Исследование "взаимодействий" дейтронов с импульсом $9,4 \text{ ГэВ/с}$ с ядрами фотозумьсии проводилось с помощью совместного применения фотозумьсий с обычным ядерным составом и с обогащением легкими ядрами. Это дает возможность разделять характеристики взаимодействий на ядрах группы (C, N, O) и группы ядер (Ag, Br).

Определен энергетический спектр медленных частиц /рис. 17/ и обнаружено, что критерий минимального пробега, основанный на величине кулоновского барьера ядра, который широко использо-

вался в международной практике, не может служить средством для разделения взаимодействий на группах ядер. Экспе-

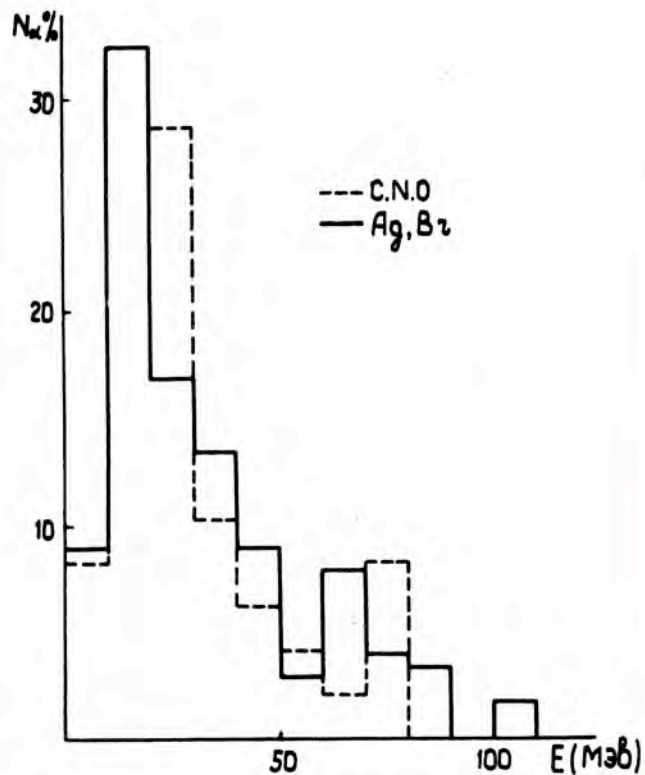


16. Экспоненциальная зависимость сечений от кинетической энергии рождения пионов.

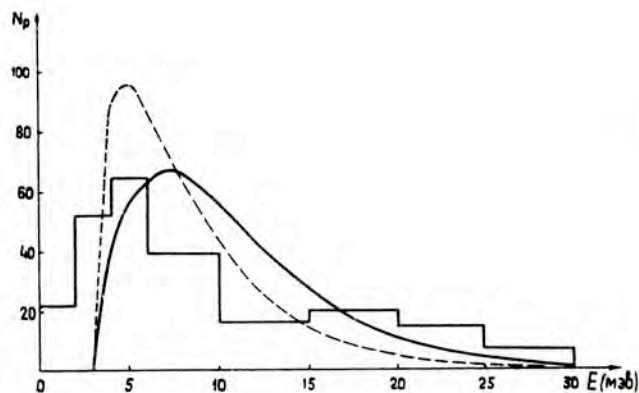
риментальные данные также не согласуются с моделью испарения возбужденных ядер /рис. 18/.

Уточнены сечения взаимодействия α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с с ядрами:

$\sigma(\alpha C) = 380 \pm 38 \text{ мбн,}$
 $\sigma(\alpha O) = 460 \pm 27 \text{ мбн,}$
 $\sigma(\alpha Ag) = 1850 \pm 80 \text{ мбн,}$
 $\sigma(\alpha Br) = 1520 \pm 65 \text{ мбн.}$



17. Энергетический спектр медленных частиц для групп ядер /C, N, O / и /Ag, Br /.



18. Сравнение энергетического спектра /гистограмма/ с моделью испарения возбужденного ядра /кривая линия/.

Получены предварительные данные о фрагментации α -частиц с вылетом p , d , T и He^3 .

Работа проводится группами физиков Дубны, Варшавы, Кошице, Ленинграда, Гатчины, Москвы и Ташкента.

3. На струйной камере СКМ-200 начался набор физической информации. В пучке α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с при неоновом наполнении камеры сделано свыше 80 тыс. снимков, при гелиевом - около 10 тыс. снимков.

4. Сделана оценка перспектив гиперонной физики и исследований многобарионных резонансов в столкновениях релятивистских ядер. В предположении справедливости импульсного приближения, с использованием известных из опыта сечений рождения Λ -гиперонов в NN-взаимодействиях, вычислены сечения рождения Λ -гиперонов в столкновениях релятивистских ядер H^1 , H^2 , He^4 , C^{12} с ядрами H^2 , He^4 , B^{10} , C^{12} , Xe^{131} , Pt^{192} и U^{238} . Оценены сечения образования гиперядер и сверхстранных ядер, содержащих от одного до пяти Λ -гиперонов, а также сечения испускания /1-5/ Λ -гиперонов в этих реакциях. Рассмотрены перспективы исследований многобарионных, в том числе многогиперонных резонансов, сверхстранных ядер и сверхплотных состояний ядерного вещества. Оценки сечений получены для импульсов ядер 5,5 и 25 ГэВ/с на нуклон.

Теоретические

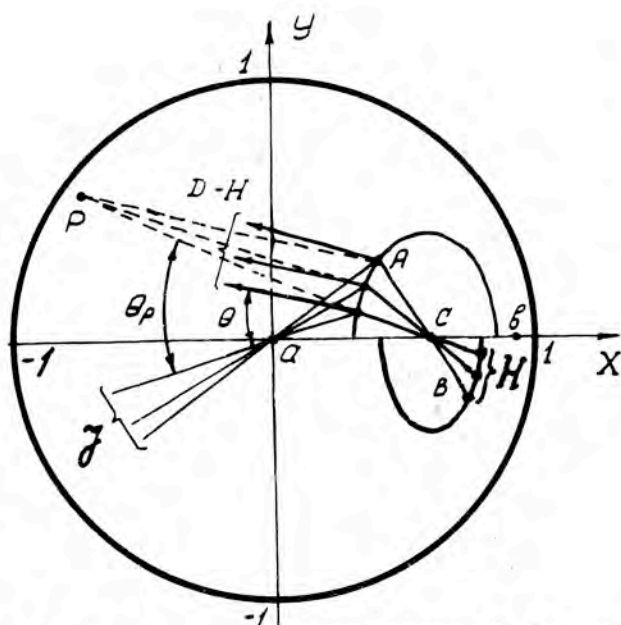
исследования

1. Проведено рассмотрение фрагментации релятивистских ядер. Получена формула, дающая простое описание энергетических и угловых зависимостей выходов продуктов фрагментации и объясняющая факторизацию сечений. Введен реля-

тивистский инвариантный параметр, позволяющий классифицировать реакции с релятивистскими ядрами, в частности, выделять кумулятивный эффект и "осколочные" процессы. Показана неправильность интерпретации данных по фрагментации ядер, предложенная физиками из Беркли, и предсказаны некоторые закономерности.

2. При рассмотрении вопросов корреляции тождественных частиц в инклюзивных реакциях было показано, что между спектрами пар $\pi^+\pi^+$, $\pi^0\pi^0$ и $\pi^+\pi^-$ имеется однозначная связь, обусловленная изотопической инвариантностью; угловое распределение относительного импульса пары пионов определяется размерами области, в которой происходит образование частиц; было введено понятие функции взаимной когерентности пар пионов и разработан аппарат расчета интерференционных корреляций.

3. Проведен лоренц-инвариантный анализ лучших из мировых данных о t -зависимости элементов матрицы плотности для ρ , K^* и Δ_{33} -резонансов при начальных импульсах $P = 2,8-17$ ГэВ/с. В области изменения переданных импульсов $t/t_0 = 0-1$ ГэВ² обнаружено свойство сохранения в пространстве скоростей Лобачевского направлений "собственной оси" квантования спина этих резонансов при разных t на "собственный полюс квантования" P . Определенный фитированием полюс P резко отличается от задаваемых заранее /до опыта/ полюсов a и C для общепринятых в спиновом анализе направлений Джексона и направлений "спиральности" /рис. 19/. Это групповое свойство вращений вокруг полюса означает строгое отделение кинематики квантования спина от динамики /собственных значений матрицы плотности/ и указывает на неевклидову природу спина резонансов. Оно важно для четкой постановки проблемы распознавания в про-



19. Схема квантования спина резонанса для бинарной реакции $a + b \rightarrow A + B$ в модели Бельтрами неевклидовой плоскости рождения резонанса. На схеме показаны: эмпирические направления квантования Донахью-Хегассена / стрелки ДН/, параметризуемый их пучок прямых Лобачевского с полюсом P, фиксированные пучки прямых j - для направлений Джексона и H - для направлений на точку C /ц.м. реакции/.

странстве скоростей Лобачевского статистических образов возбужденных адронов и поиска оптимальных путей решения ее.

Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

1. На пучке отрицательных пионов с импульсом $P = 3,65 \pm 0,04$ ГэВ/с смон-

тирована большая многоцелевая установка - черенковский масс-спектрометр "Фотон" на 90 каналов. Установка состоит из: а/ шести пропорциональных камер, работающих на линии с ЭВМ HP2116B ; б/ 32 проволочных искровых камер размером 1×1 м² с магнестрикционным съемом информации; в/ сцинтилляционных счетчиков /длинной до 100 см/; г/ 90 черенковских спектрометров; д/ жидководородной мишени; е/ системы газораспределения и газоочистки искровых и пропорциональных камер; ж/ ЭВМ HP2116B.

На установке проведено 6 методических запусков и осуществлен комплексный запуск установки "Фотон" в полном объеме.

2. На стримерной камере СКМ-200 отлажена система выделения α -частиц и включена в триггер, смонтирована мишень с изотопом Li^8 , сокращено время памяти камеры до 5-6 мс. и проведены другие мероприятия по улучшению характеристик камеры.

3. На двухметровой жидководородной пузырьковой камере "Людмила" проведены работы по усовершенствованию холодной части механизма расширения, подключения системы пневмоавтоматики для строгого поддержания режима в камере, по изготовлению и испытанию опытных образцов лентопротяжных механизмов на 2 срабатывания за 1 цикл работы ускорителя, по созданию системы прецизионных измерений магнитного поля камеры в рабочих условиях. Эффективность работы камеры поднялась до 75% на пучке частиц.

4. Двухметровая пропановая пузырьковая камера полностью смонтирована, сдана в эксплуатацию и получены фотографии со следами частиц космического излучения.

5. Создание искровых и пропорциональных камер:

а/ разработаны, испытаны на стенде и переданы в эксплуатацию 3 пропорциональные камеры размером $900 \times 300 \text{ мм}^2$,

б/ подготовлены и испытываются на стенде 8 проволочных искровых камер размером $2 \times 1 \text{ м}^2$,

в/ изготовлено 20 пропорциональных камер размером $200 \times 200 \text{ мм}^2$ для диагностики пучков,

г/ изготовлены и испытаны на стенде дрейфовые камеры размером $200 \times 200 \text{ мм}^2$ различной длиной дрейфа,

д/ вводится в эксплуатацию стенд для испытания бесфильмовых детекторов размером до 4 м,

е/ установлена и введена в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1010 для испытания детекторов на стенде.

6. Разработки вычислительной техники и автоматизации измерений:

а/ для установки "Фотон" отлажено 96 каналов наносекундной спектрометрической электроники, сопряжение ЭВМ с установкой,

б/ изготовлены и отлажены блоки для регистрации событий с 400 каналов пропорциональных камер для установки "Альфа",

в/ созданы и сданы в эксплуатацию многоходовые мажоритарные схемы совпадений с цифровым отбором событий для установки БИС, начата работа по созданию системы управления считыванием данных с установки,

г/ осуществлено управление медленным выводом частиц из синхрофазотрона на основе ЭВМ ТРА.

7. Разработка и внедрение электроники детекторов:

а/ завершена разработка системы программно-управляемых блоков наносекундной электроники,

б/ развита многоканальная аппаратура для измерения зарядов, амплитуд и

временных интервалов на интегральных схемах со средней степенью интеграции,

в/ совместно с ИЯФ СОАН СССР завершена разработка и изготавливается в промышленности гибридная интегральная схема "усилитель-формирователь", разработан канал регистрации сигналов с этим усилителем, имеющий высокую плотность упаковки - 730 каналов в кристале КАМАК.

За год построено и передано в эксплуатацию 120 блоков быстрой электроники в стандарте КАМАК и 70 блоков регистрирующей электроники на интегральных схемах.

8. Опубликованы физическое обоснование и технические предложения по сооружению жесткофокусирующего криогенного усилителя релятивистских ядер "Нуклотрон". Проведены расчеты магнитного поля, системы ввода и вывода, допусков на магнитные поля, на точность установок элементов "Нуклотрона".

9. В области разработок криогенной техники создан стенд со струйной мишенью, вакуумной системой и имитатором кольца ускорителя для изучения вопросов, связанных с созданием газовой струйной гелиевой мишени. Мишень будет использована в эксперименте на ускорителе в Батавии, готовящемся в рамках советско-американского соглашения с участием ученых ОИЯИ.

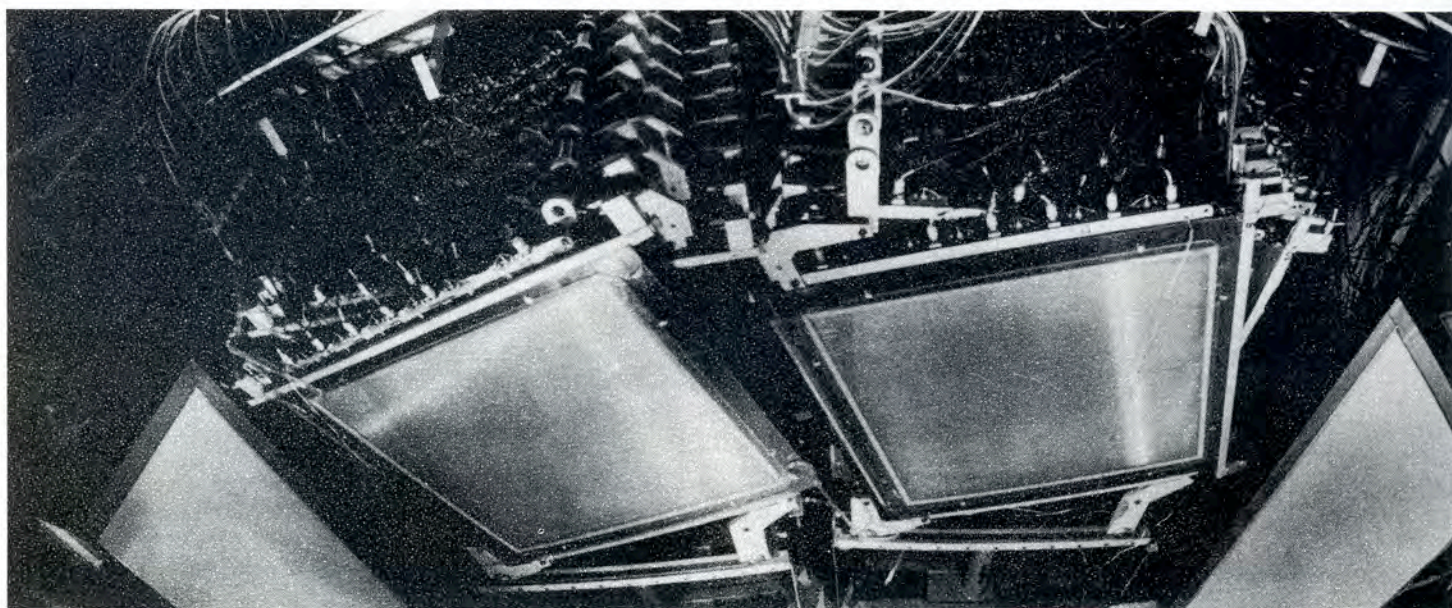
Разработана и изготовлена модель сверхпроводящего выключателя на критический ток 0,92 кА, сопротивление 2,5 мА, минимальное время 0,35 мс.

Разработаны, изготовлены и испытаны в различных криогенных средах электроизоляционные конструкции вводов в жидкий гелий. С помощью установки ИСКРИЗ изучены характеристики поведения около 30 моделей проходных изоляторов.

Закончена работа по исследованию сопротивления вязкому течению вихрей

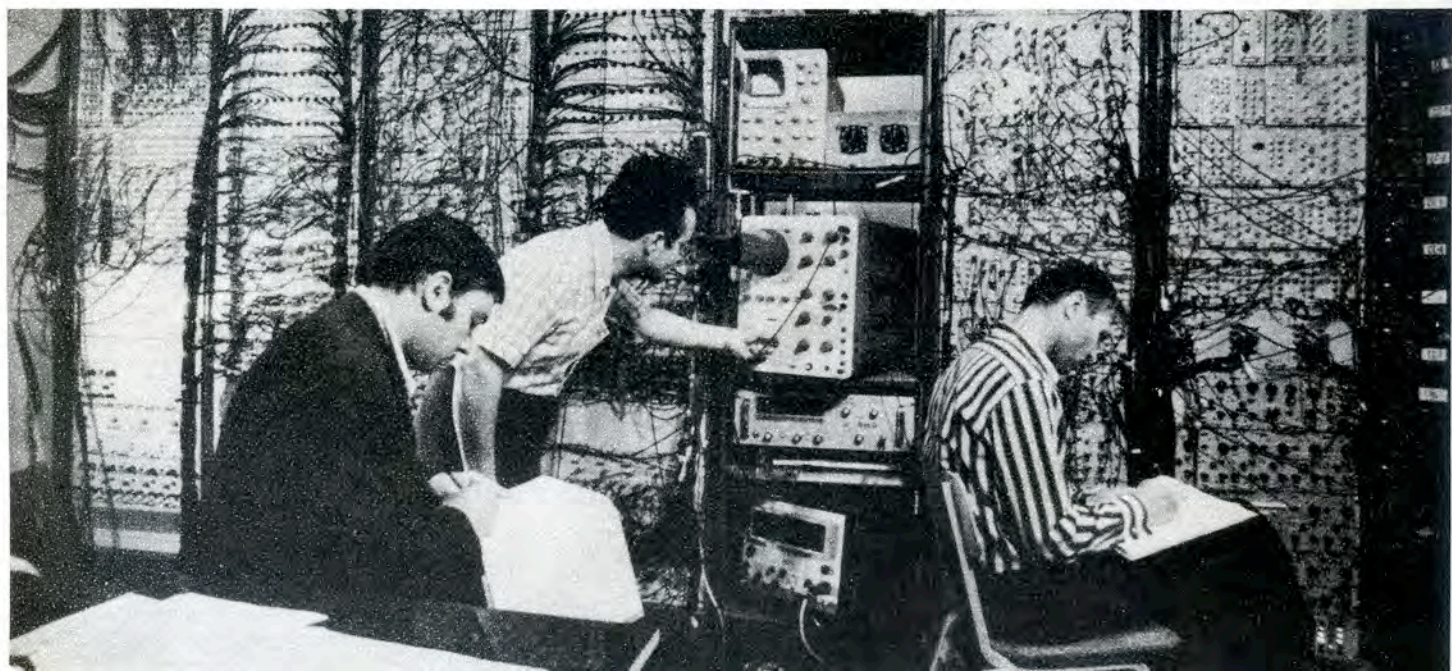


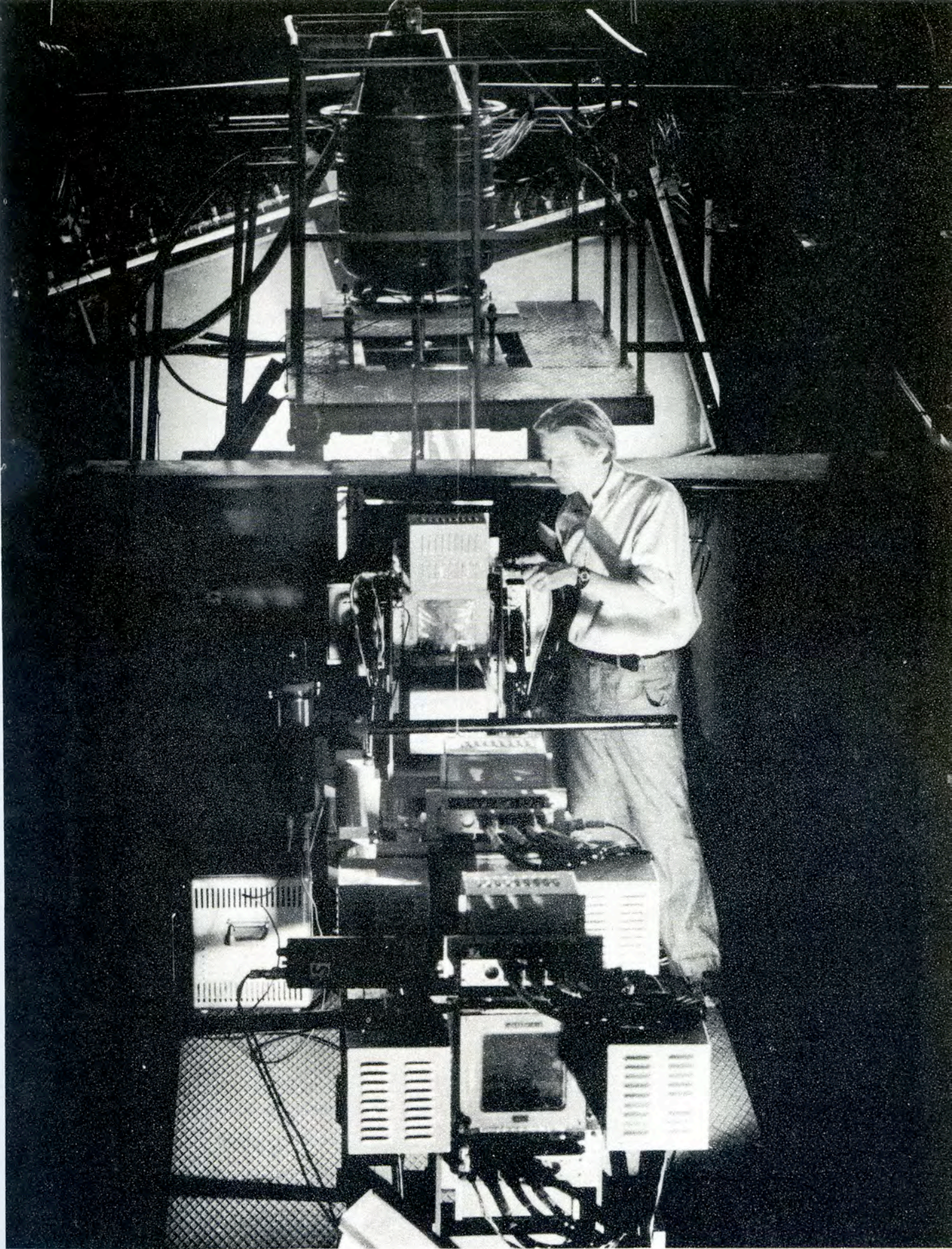
В установке используется современная мини-ЭВМ.



Набор из 32 искровых камер.

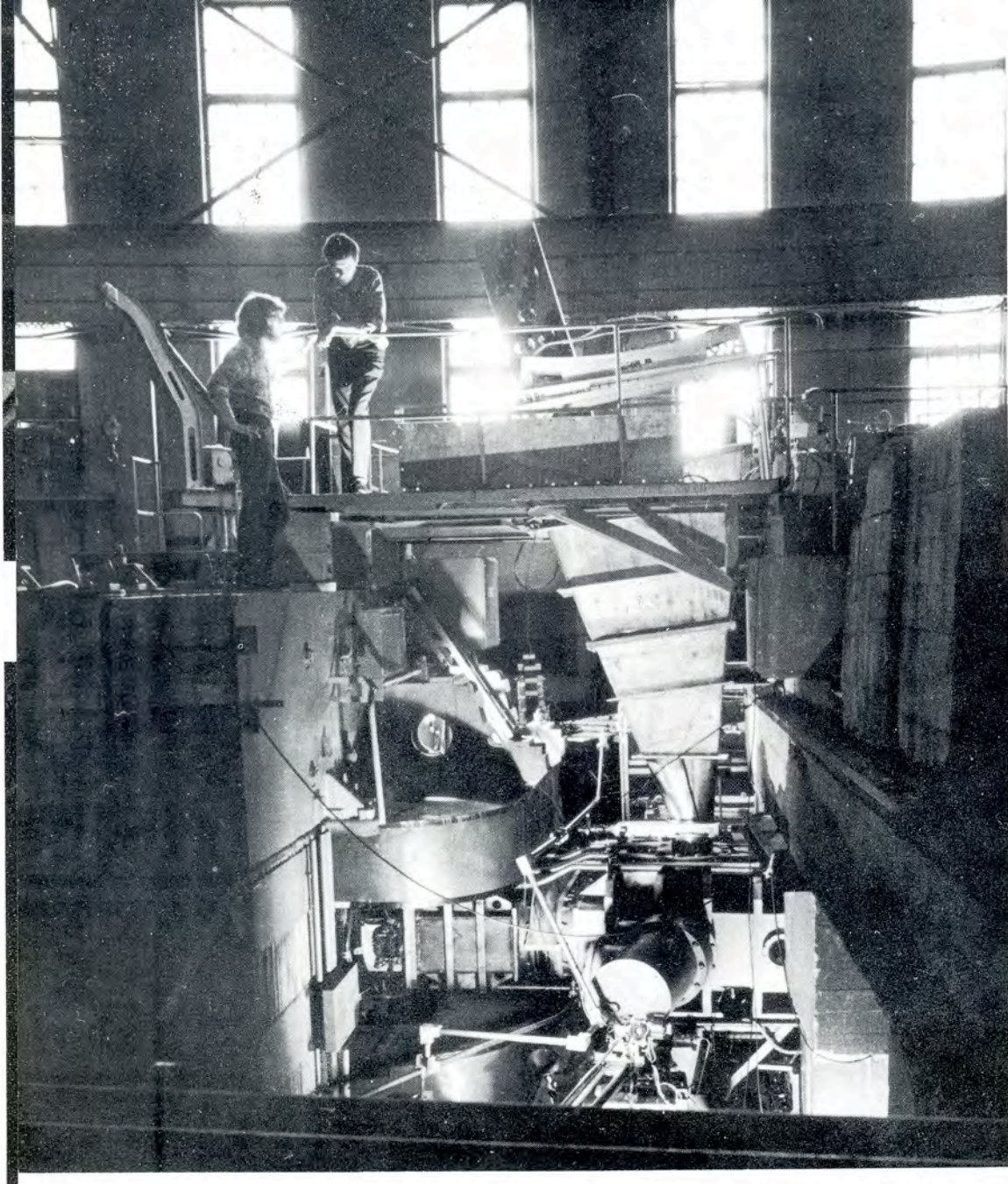
Быстродействующая электроника установки.





Головная часть установки - детекторы частиц пучка пионов.

На пучке отрицательных пионов синхрофазотрона смонтирована многоцелевая установка "Фотон" - черенковский масс-спектрометр для изучения процессов с участием гамма-квантов, электронов и позитронов.

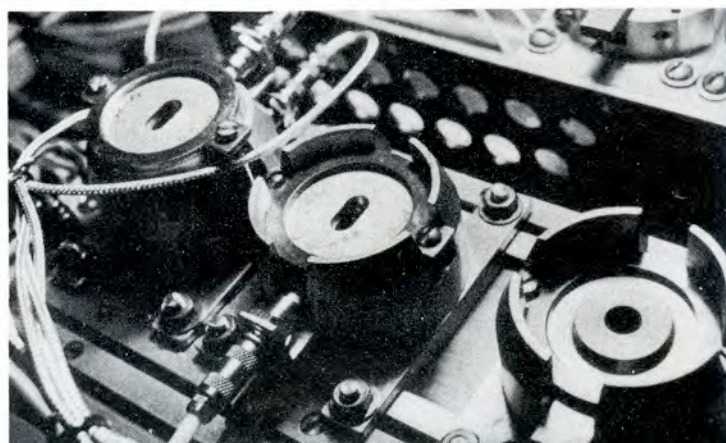
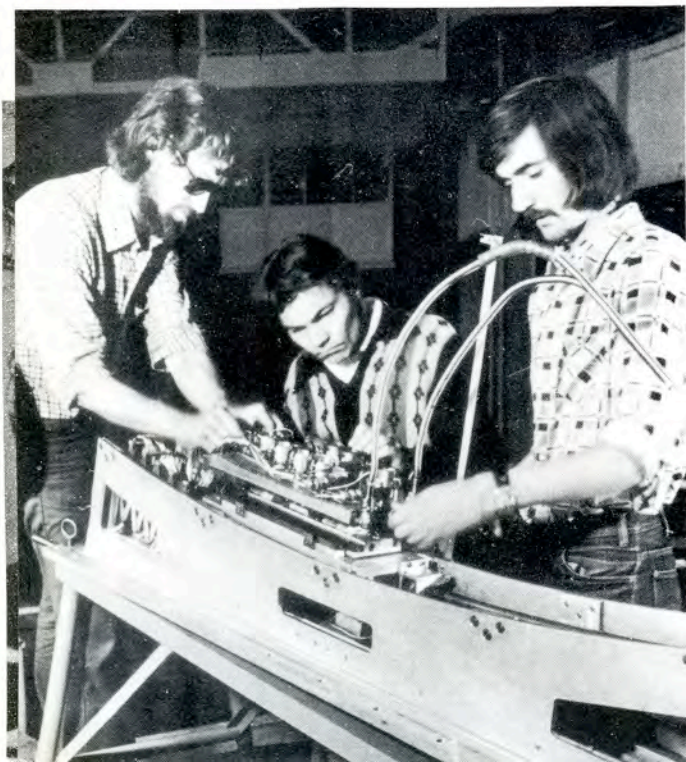


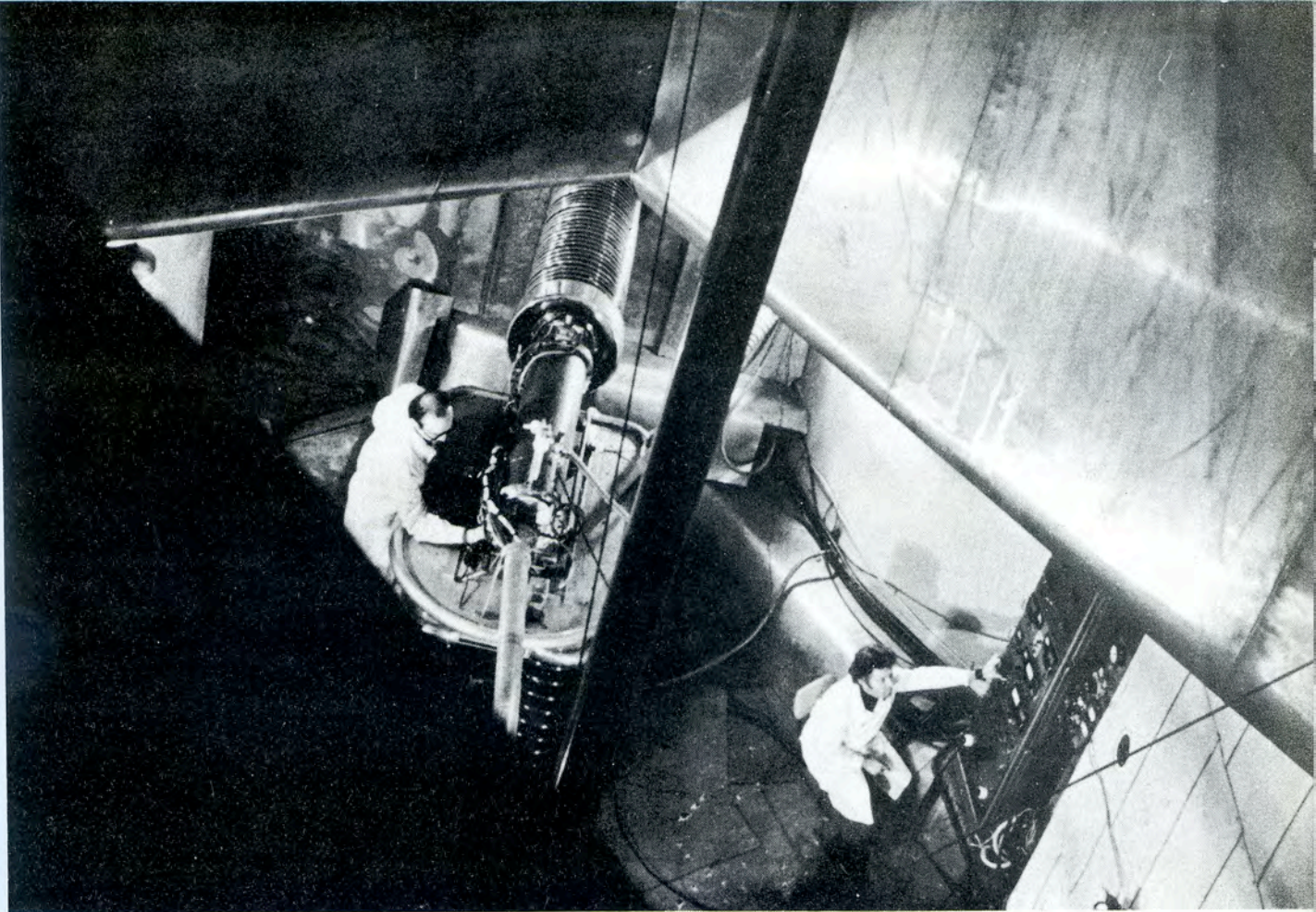
Монтаж установки на пучке синхрофазотрона.

Создан спектрометр частиц отдачи для изучения упругого рассеяния легких ядер на протонах и на ядрах.

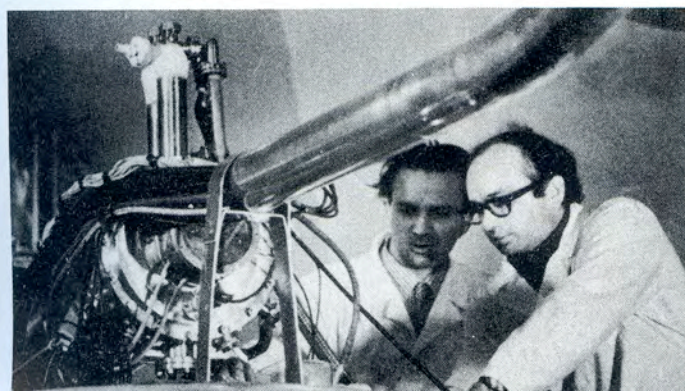
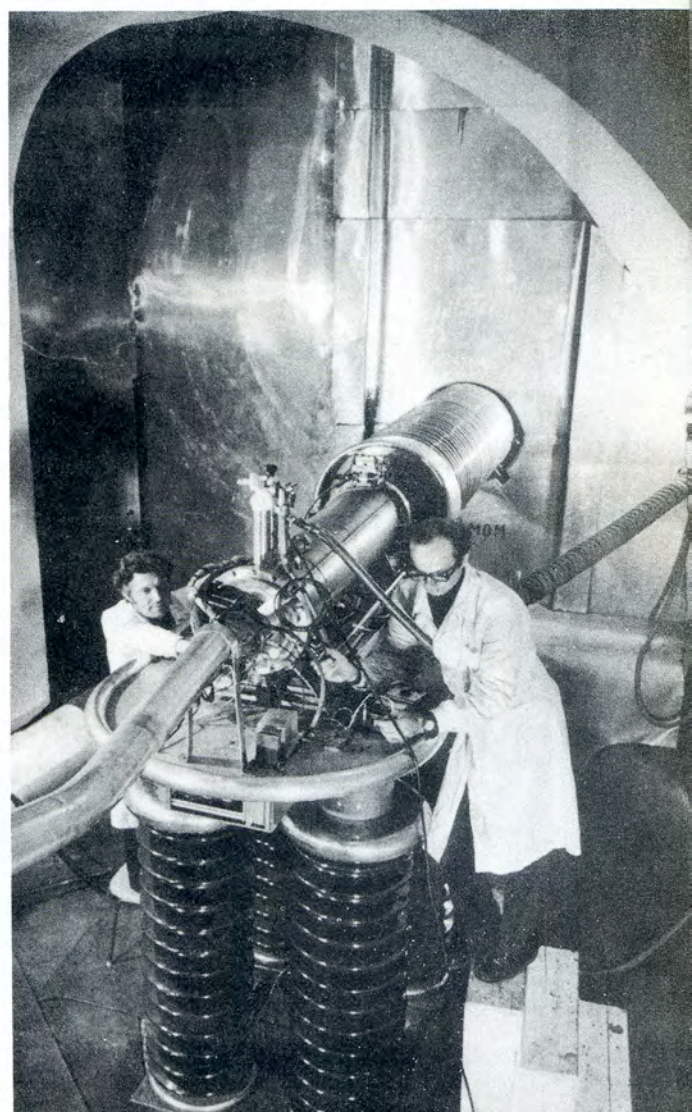
◀ *Подготовка каретки с полупроводниковыми детекторами частиц отдачи.*

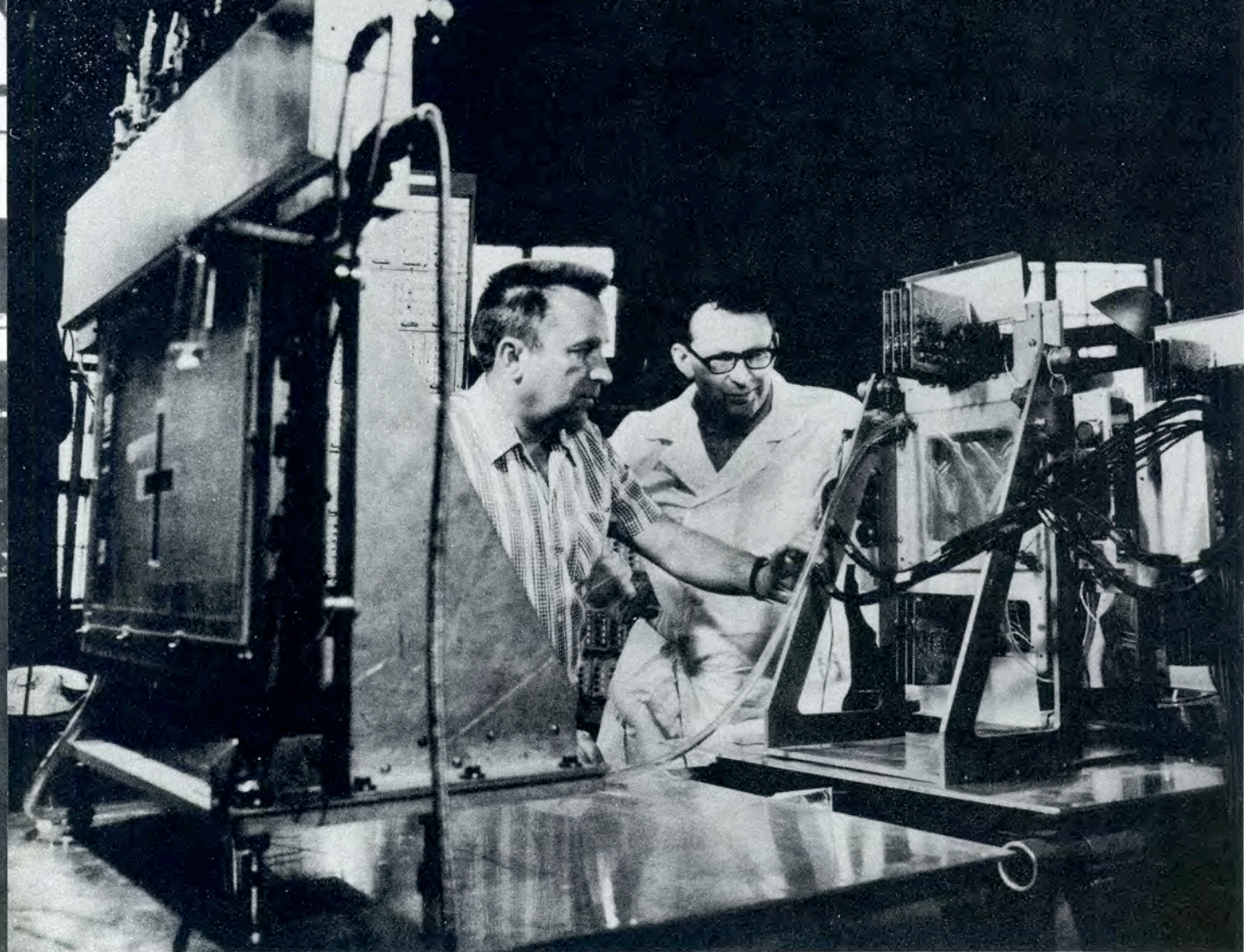
Детекторы частиц отдачи.





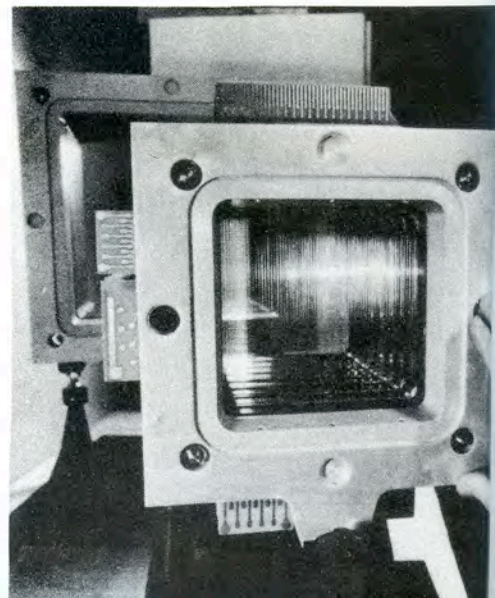
Для ускорения легких ядер на синхрофазотроне создан электронно-лучевой ионный источник - установка КРИОН /криогенный ионизатор/. Источник смонтирован на инжекторе синхрофазотрона ЛУ-9М. С помощью КРИОНа и инжектора ускорены ядра гелия и азота.

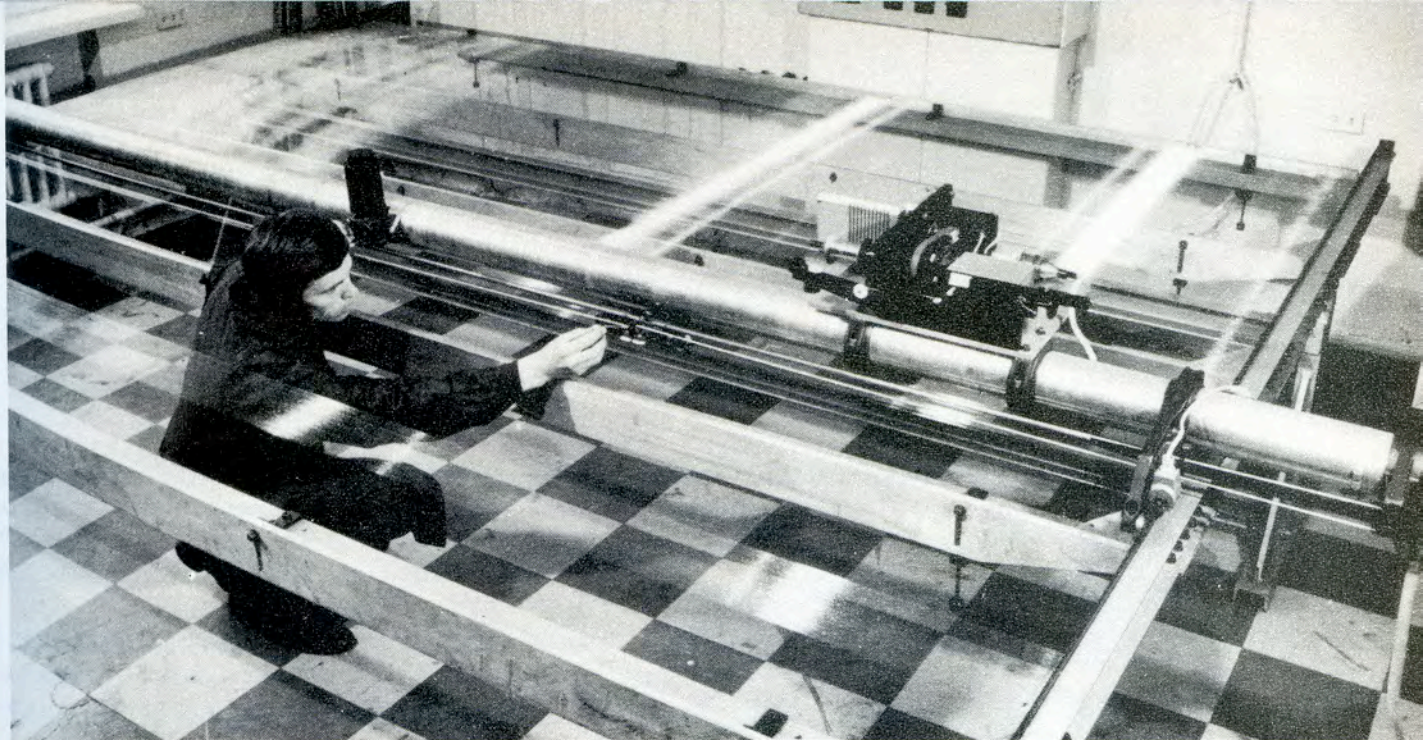




Для исследования упругого рассеяния адронов на синхрофазотроне создана аппаратура, включающая пропорциональные и дрейфовые камеры /установка "Альфа"/.

Изготовление каркасов дрейфовых камер и образец готовой камеры. Эти камеры создаются специалистами ОИЯИ для экспериментов по определению радиуса пиона на ускорителе в Батавии.

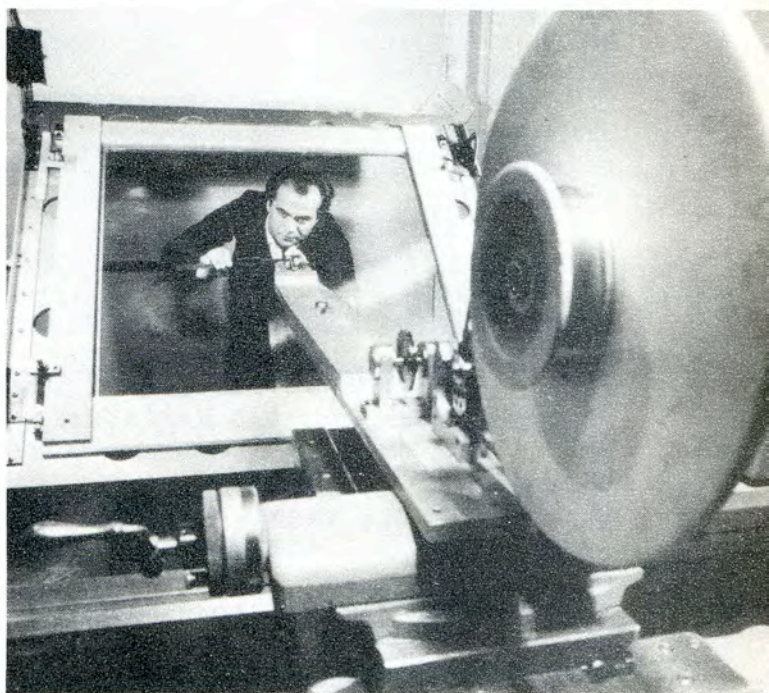




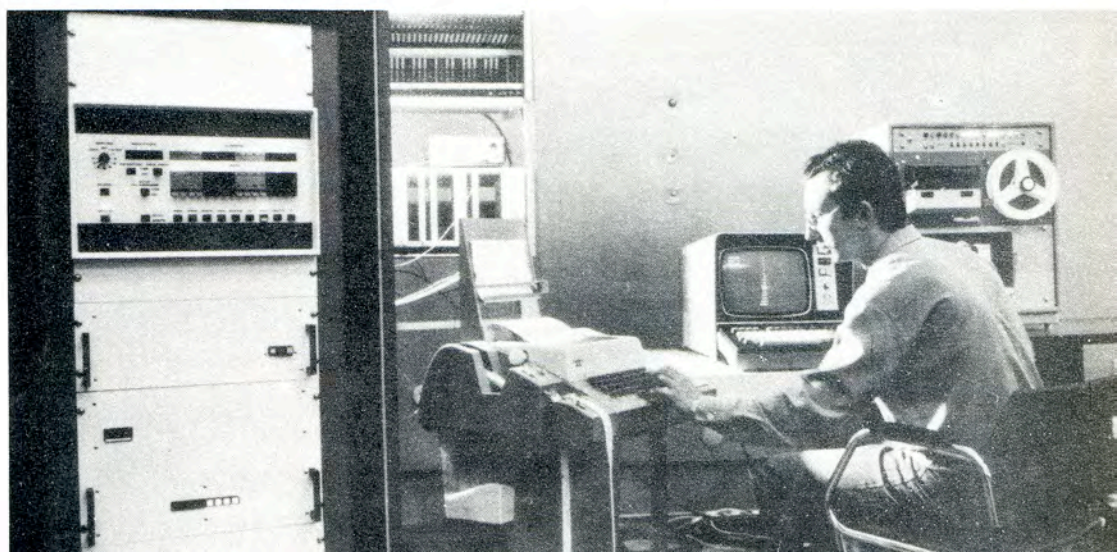
Намоточный станок для изготовления искровых камер больших размеров /до 3м/.

В ОИЯИ изготавливают большие проволочные искровые камеры, предназначенные для различных экспериментов.

Идет процесс намотки камеры размером 1 м x 1 м. ▶



Для испытания камер на стенде используется современная мини-ЭВМ.



в сверхпроводящих сплавах с невысокими критическими токами во всей области существования сверхпроводимости.

Усовершенствование синхрофазотрона

Сдан в эксплуатацию и работает как инжектор синхрофазотрона новый линейный ускоритель ЛУ-20 на энергию 20 МэВ.

Введена в опытную эксплуатацию система активной коррекции показателя спада магнитного поля синхрофазотрона с программным управлением.

В настоящее время осуществлена стабилизация размера и положения пучка на входе во второй выводной магнит путем управления токами отклоняющего магнита в начале и в конце вывода и током линзы. Согласование датчиков с ЭВМ осуществляется системой КАМАК на линии с ТРА 1001. Проведенная работа обеспечивает сокращение времени настройки системы вывода и стабильности пространственных характеристик выведенного пучка.

Установка "КРИОН" изготовлена, прошла всесторонние испытания и смонтирована на линейном ускорителе ЛУ-9М. С помощью "КРИОНа" на ЛУ-9М ускорены ядра гелия и азота, интенсивности пучков составляют до 10^9 He/имп. и 10^7 N/имп.

С помощью установки измерены сечения последовательной ионизации электронным ударом ядер углерода от C^{2+} до C^{6+} и ядер азота от N^{3+} до N^{7+} /табл. 1,2, рис. 20/.

Таблица 1
Экспериментальные и теоретические сечения последовательной ионизации атомов и ионов углерода при $E_e = 2500$ эВ

Сечения ($\times 10^{-20}$ см ²)	Эксперимент	Расчёт по формуле Логца/41/	Квантово-механический расчёт
$\sigma_0 \rightarrow 1$	-	2500	2200[16-]
$\sigma_1 \rightarrow 2$	800* /7/	810	700/55/
$\sigma_2 \rightarrow 3$	200 [±]	300	400/57/
$\sigma_3 \rightarrow 4$	57 \pm 12	120	140/57/
$\sigma_4 \rightarrow 5$	30 \pm 7	20	28/57/
$\sigma_5 \rightarrow 6$	14 \pm 2	6	9/57/

20. Зависимость вида спектров зарядностей ионов ксенона от времени ионизации.

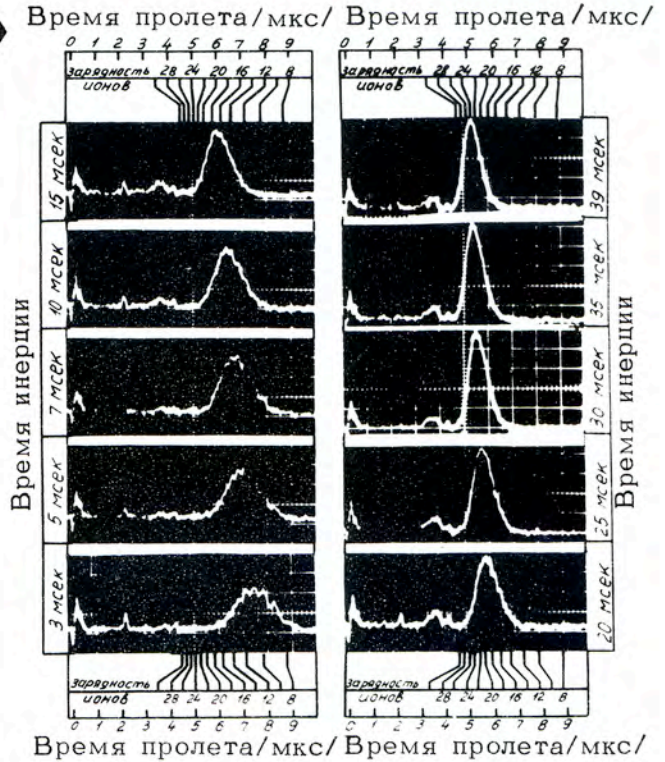
Таблица 2

Экспериментальные и теоретические сечения последовательной ионизации атомов и ионов азота при $E_e = 2100 \text{ эВ}$

Сечения ($\times 10^{-20} \text{ см}^2$)	Эксперимент	Расчёт по формуле Лотца/41/	Квантово-механический расчёт
$\sigma_0 \rightarrow 1$	4000*/56/	2800	4400*/16/
$\sigma_1 \rightarrow 2$	700*/17/	960	1100/55/
$\sigma_2 \rightarrow 3$	400*/7/	410	440/55/
$\sigma_3 \rightarrow 4$	125+22	180	250/57/
$\sigma_4 \rightarrow 5$	39+7	74	100/57/
$\sigma_5 \rightarrow 6$	9+2	11	21/57/
$\sigma_6 \rightarrow 7$	4±	4	7/57/

Эксплуатация
синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 4734 часа.



Ускоритель работал:

а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и ядра - 2616 час со средней интенсивностью $1,7 \cdot 10^{11}$ ускоренных протонов, $2,5 \cdot 10^{10}$ ускоренных дейтронов и $2 \cdot 10^8$ ускоренных альфа-частиц за цикл ускорения;

б/ на совершенствование систем ускорителя - 1601 час.