

Объединенный институт ядерных исследований

1968

ДУБНА

Р-4431

СЗМ
0-292

ОТЧЕТ

о деятельности

Объединенного института

ядерных исследований

в 1968 году

с.ф. 2462

дубна

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

обеспечение совместного проведения теоретических и экспериментальных исследований в области ядерной физики учеными государств - членов Института;

содействие развитию ядерной физики в государствах - членах Института путем обмена опытом и достижениями в теоретических и экспериментальных исследованиях;

поддержание связи с заинтересованными национальными и международными научно-исследовательскими и другими организациями в деле развития ядерной физики и изыскания новых возможностей мирного применения атомной энергии;

содействие всестороннему развитию творческих способностей научно-исследовательских кадров государств - членов Института.

Всею своей деятельностью Институт будет содействовать использованию ядерной энергии только для мирных целей на благо всего человечества.

**ЛАБОРАТОРИИ И ОСНОВНЫЕ УСТАНОВКИ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Лаборатория высоких энергий
Синхрофазотрон для ускорения протонов до энергии 10 Гэв

Лаборатория ядерных проблем
Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 Мэв

Лаборатория ядерных реакций
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации
8 электронно-вычислительных машин



2 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ
В 1968 ГОДУ



Лаборатория высоких энергий

Научно-исследовательская деятельность Лаборатории высоких энергий проводилась в тесном контакте с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

Работы в области физики элементарных частиц в основном велись в двух направлениях:

- изучение поведения мнимой и реальной амплитуд рассеяния в зависимости от энергии в районе 3-70 Гэв;
- поиск и исследование механизма рождения и распада нестабильных частиц и резонансов.

Исследование упругого рассеяния протонов и пионов

1. Дифференциальное сечение упругого pp -рассеяния измерялось в интервале энергий 15-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ с помощью полупроводниковых детекторов и сцинтилляционных счётчиков (рис. 2), работающих в непосредственной связи с ЭВМ БЭСМ-3М (блок-схема электроники показана на рис. 3).

Исследовалась область $0,01 < |t| < 0,1$ (Гэв/с)². Установка зарегистрировала $\approx 90\,000\,000$ протонов отдачи от упругого рассеяния на протонах полиэтиленовой мишени толщиной меньше микрона.

По полученным предварительным данным наблюдается медленный рост параметра наклона дифференциального сечения упругого pp -рассеяния в области энергий от 15 до 70 Гэв.

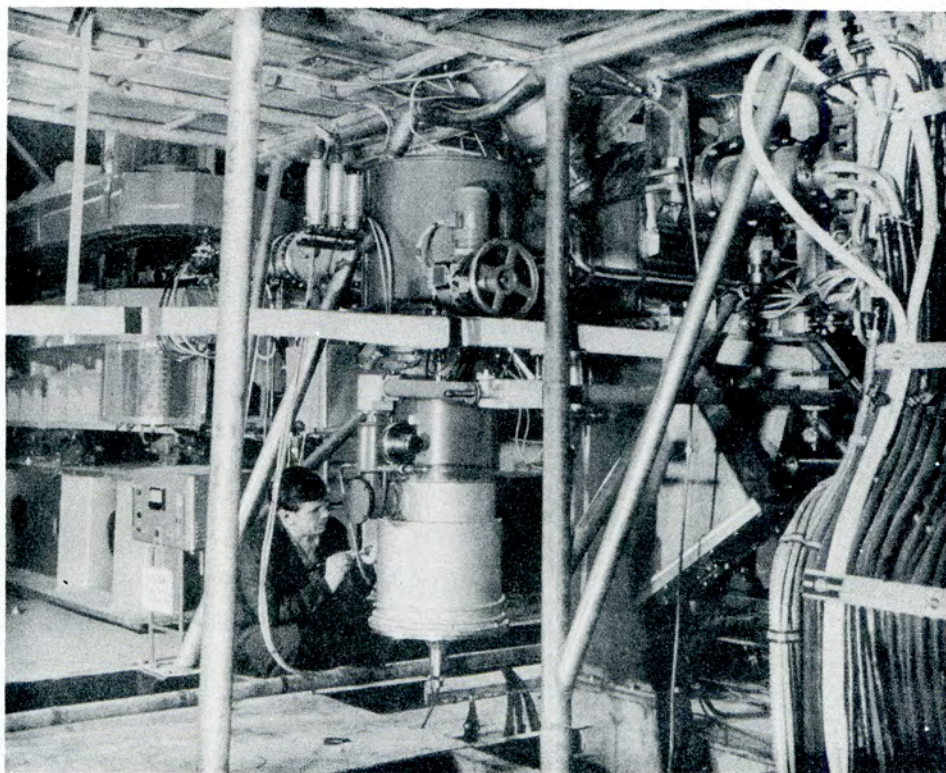


Рис. 2. Установка из полупроводниковых детекторов и сцинтилляционных счётчиков, работающих на линии с БЭСМ-3М в эксперименте по измерению дифференциальных сечений упругого pp -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ.

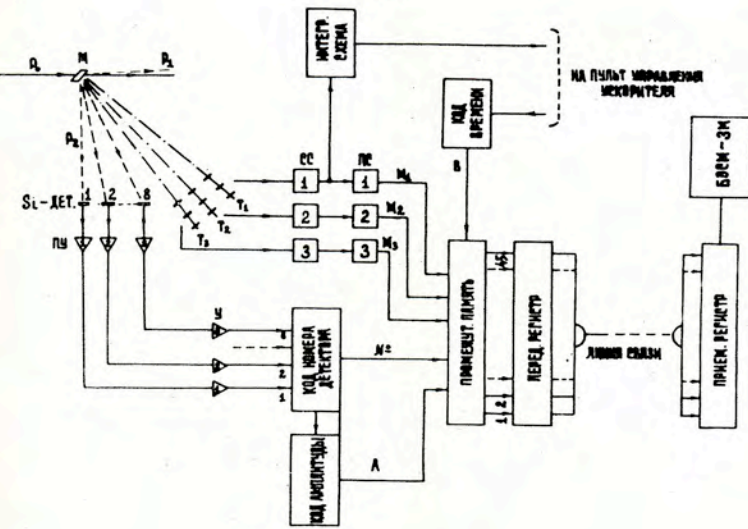


Рис. 3. Блок-схема электроники эксперимента по исследованию упругого pp -рассеяния на малые углы.

Результаты измерений анализируются в рамках теории полюсов Редже.

На рис. 4 и 5 показаны дифференциальные сечения упругого pp -рассеяния при 70 Гэв и вид спектра протонов отдачи при 40 Гэв, соответственно.

2. Дифференциальные сечения упругого рассеяния отрицательных пионов на протонах на малые углы при импульсах 3,06 и 4,56 Гэв/с измерены с помощью дифференциальных газовых черенковских и сцинтилляционных счётчиков и бесфильмовых искровых камер на линии с ЭВМ. Результаты измерений фазы ядерной амплитуды π^-p -рассеяния и их сравнение с дисперсионными расчётами представлены на рис. 6.

Исследования резонансов

1. Продолжались исследования распада векторных мезонов на e^+ - и e^- -пары с помощью черенковских гамма-спектрометров и искровых камер (рис. 7). Обнаружено 6 распадов ϕ -мезона на e^+e^- . Получены ве-

Рис. 4. Дифференциальное сечение упругого pp -рассеяния при энергии 70 Гэв.

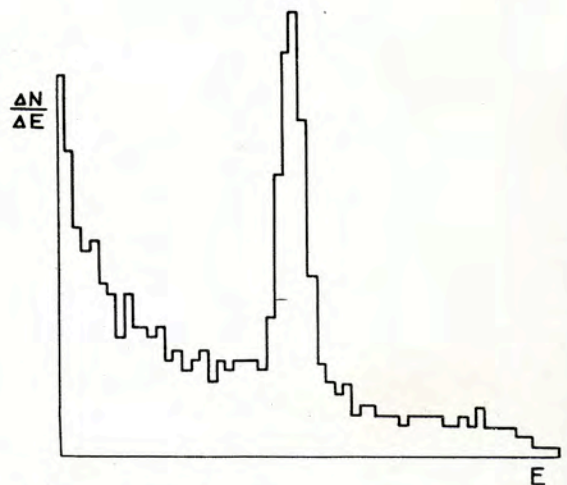


Рис. 5. Упругое pp -рассеяние при 40 Гэв. Вид спектра протонов отдачи при $|t| = 0,037$ (Гэв/с)².

$\pi^- p \rightarrow \pi^- p$

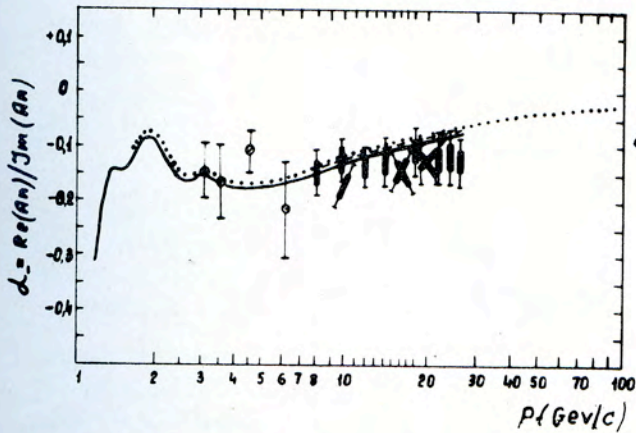


Рис. 6. Результаты измерений фазы ядерной амплитуды $\pi^- p$ -рассеяния и их сравнение с дисперсионными расчётами. \downarrow - Foley et al. Phys. Lett., **19**, 193 (1967); \bullet - Номофилов и др. Phys. Lett., **22**, 350 (1966) и Письма ЖЭТФ, **6**, 546 (1967); \circ - данные этого эксперимента (1968); \dots - Барашенков, Тонеев. Препринт ОИЯИ Р2-3850, Дубна, 1962; - - - Foley et al.; \dashv - Хехлер и Штраусс, частное сообщение (1966), Z. Phys., **180**, 430 (1964).

Рис. 7. Схема установки для исследования распадов векторных мезонов на пары $e^+ e^-$.

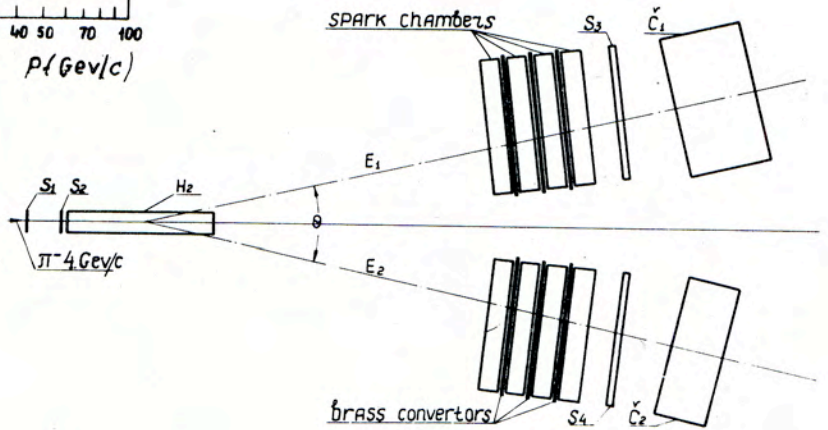
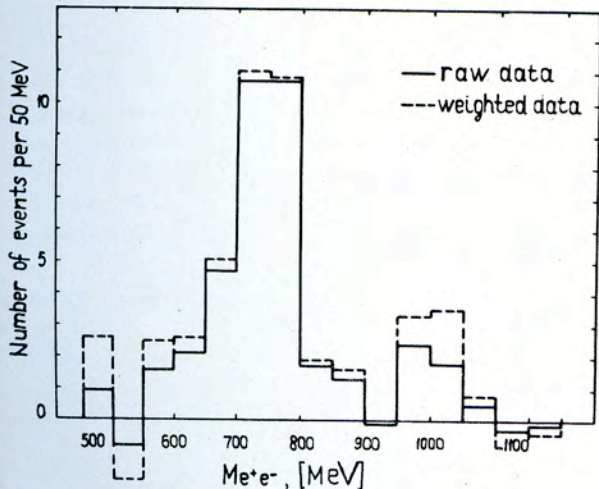


Рис. 8. Спектр эффективных масс частиц, распадающихся на пару $e^+ e^-$.



роятности распада по этому каналу для ρ -мезона: $B_\rho = (5,3 \pm 1,1) \cdot 10^{-5}$; ω -мезона: $B_\omega = (6,5 \pm 1,3) \cdot 10^{-5}$ и ϕ -мезона: $B_\phi = (66^{+44}_{-28}) \cdot 10^{-5}$.

Сравнение полученных данных с теоретическими (SU(3) - симметрия и гипотеза (ω - ϕ)-смешивания) указывает на справедливость последних.

Из этих данных найдена величина константы γ_ρ модели векторной доминантности:

$$\frac{\gamma_\rho^2}{4\pi} = 0,49 \pm 0,10.$$

В этом же эксперименте получена верхняя граница вероятности распада $\eta' (960)$ на 2γ , равная $7 \pm 5\%$.

На рис. 8 показан полученный спектр эффективных масс, распадающихся на электрон-позитронную пару.

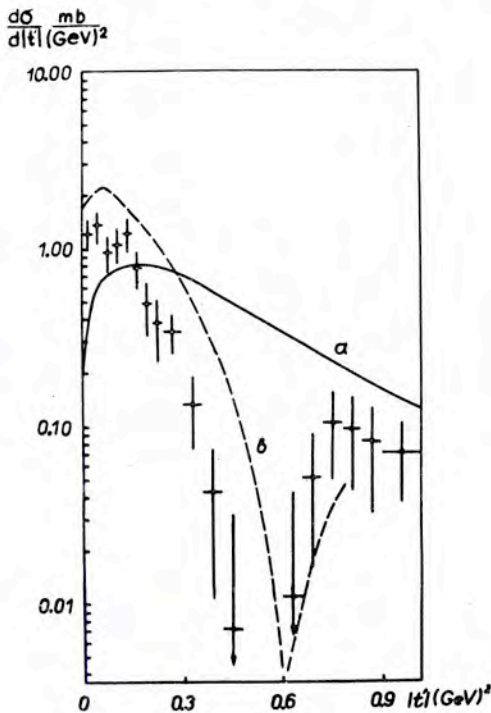
2. Продолжалась обработка 4-лучевых событий и уточнение некоторых данных о 2-лучевых событиях, полученных при облучении 40-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с.

а) Аппроксимация экспериментального распределения для реакции



выражением $\frac{d\sigma}{dt} = A \rho \exp\{-B \rho |t|\}$ дала "наклон" $B \rho = (10,1 \pm 0,8) (\text{Гэв})^{-2}$, что существенно превышает "наклон" дифференциального сечения упругого рассеяния.

Рис. 9. Дифференциальное сечение рождения изобары N_{1238}^{++} в реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$. Сплошная кривая - расчёт по модели с поглощением, пунктирная - по модели полюсов Редже.



Интересно отметить, что экспериментальное распределение $\frac{d\sigma}{dt}$ для реакции



имеет явно выраженный минимум при $|t| \approx 0,6 (\text{Гэв/с})^2$, предсказываемый моделью с обменным ρ -мезонным полюсом Редже (рис. 9). Однако расчёт $\frac{d\sigma}{dt}$, произве-

денный по этой модели, в случае использования параметров, найденных для реакции (2) при импульсе первичного пучка 4 и 8 Гэв/с, превышает экспериментальное распределение примерно в 2 раза.

Рис. 10. Распределение по M эфф. в системе $(\pi^+ n)$. Гистограммы а, б, в соответствуют разным интервалам четырехмерных переданных импульсов (барийный обмен).

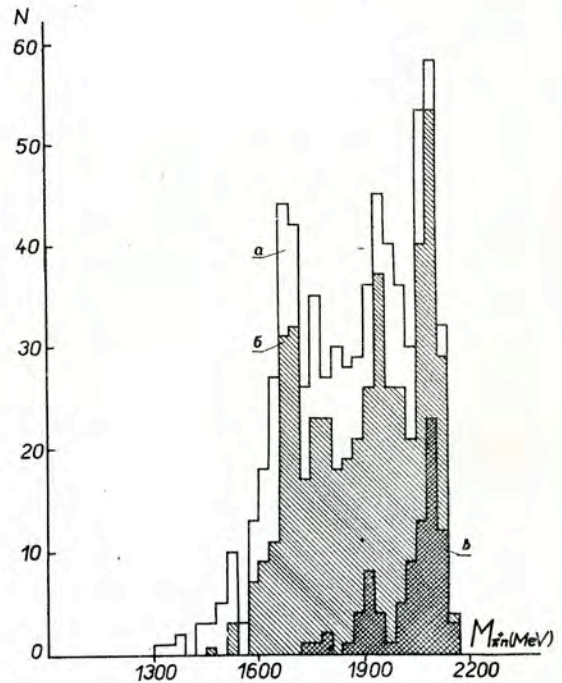


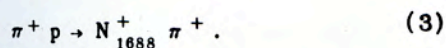
Таблица 1

Параметры	Γ_0 (МэВ)	M_0 (МэВ)	σ (мб)
Резонансы			
N_{1688}^+	109 \pm 32	1681 \pm 14	0,32 \pm 0,1

Таблица 2

Реакция	Интервал / $t - t_{\min}$ / (ГэВ) ²	A (ГэВ) ⁻²
$N_{1238}^{++} + \rho^0$	0,04 + -0,28	-9,02 \pm 0,92
$N_{1238}^{++} + \omega^0$	0,09 + 0,51	-3,92 \pm 0,35

б) Полное сечение реакции $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$ найдено равным (2,7 \pm 0,1) мб. Установлено, что в конечном состоянии большой вклад дает процесс



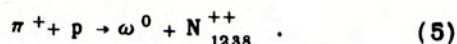
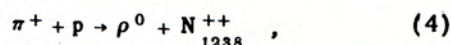
Оценки параметров изобары N_{1688}^+ и сечения реакции (3) были найдены с помощью аппроксимации плотности событий из конечного состояния $\pi^+ \pi^+ n$ на диаграмме в осях $M^2(\pi^+ n)$ vs $M^2(\pi_2^+ n)$ двумя распределениями типа Брайта-Вигнера (табл.1).

в) Анализ распределения событий из конечного состояния $\pi^+ \pi^+ n$ на диаграмме Чу-Лоу U vs $M^2(\pi^+ n)$, а также ряда других распределений позволил сделать вывод о том, что образование N_{1688}^+ происходит через барионный обмен.

Получены также указания на наличие в системе $\pi^+ n$ изобар с массами 1920 и

2080 МэВ, которые образуются тоже через барионный обмен (рис. 10).

г) В 4-лучевых $\pi^+ p$ -взаимодействиях исследовались реакции совместного рождения резонансов:



Всего обработано около 6000 4-лучевых событий. Сечения реакций (4) и (5) равны (1,3 \pm 0,2) мб и (1,8 \pm 0,2) мб, соответственно. Были определены дифференциальные сечения и параметры наклона при аппроксимации дифференциальных сечений экспонентой

$$\frac{d\sigma}{d(t - t_{\min})} = A \exp\{-B(t - t_{\min})\} .$$

Значения параметра B приведены в табл. 2.

Таблица 3

Реакция		$\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$	$\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \omega^0$
Векторный мезон или (ρ^0 или ω^0)	ρ_{00}	$0,709 \pm 0,011$	$0,531 \pm 0,039$
	$\rho_{1,-1}$	$0,012 \pm 0,024$	$-0,026 \pm 0,029$
	$\text{Re } \rho_{1,0}$	$-0,090 \pm 0,022$	$-0,051 \pm 0,025$
Барион N_{1238}^{++}	ρ_{33}	$0,121 \pm 0,025$	$0,162 \pm 0,029$
	$\text{Re } \rho_{3,-1}$	$0,009 \pm 0,055$	$0,006 \pm 0,063$
	$\text{Re } \rho_{3,1}$	$0,001 \pm 0,063$	$-0,052 \pm 0,071$
Интервал $/t-t_{\text{min}}/$ (ГэВ/с) ²		$0 \pm 0,2$	$0 \pm 0,2$

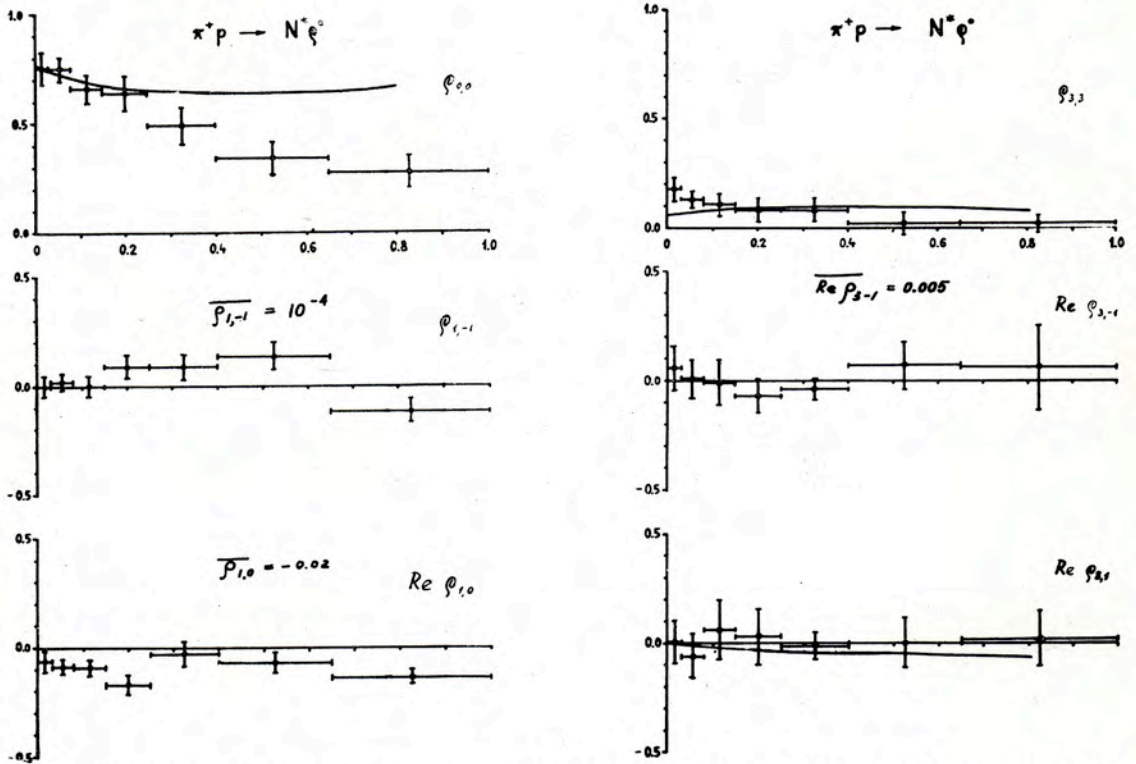


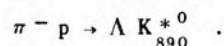
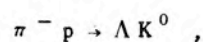
Рис. 11. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности от переданного импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$.

Значения элементов спиновой матрицы плотности для ρ^0 и N^{++} в реакции (4) и для ω^0 и N^{++} в реакции (5) даны в табл. 3. Их зависимость от $|t-t_{\min}|$ показана на рис. 11 и 12. Практически отличие от нуля наблюдается только для ρ_{00} и ρ_{33} в обеих реакциях.

3. Поиск двухбарионных систем проводился на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры. Обнаружены пики в спектре эффективных масс Λp при $M \approx 2060$; 2220 и 2573 Мэв. Показано, что система Λp обладает виртуальным уровнем при $(4,8 \pm 1,1)$ Мэв и пик при $M \approx 2060$ Мэв (рис. 13) обусловлен резонансом на этом уровне.

4. Исследование генерации странных частиц в πp -взаимодействии при 4 Гэв/с на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры.

а) Завершена работа по изучению реакций



Получены данные по полным и дифференциальным сечениям этих процессов (рис. 14 и 15).

б) Завершена работа по изучению корреляций между продольными (в с.д.м.) и поперечными компонентами импульсов π^- , K^0 -мезонов и Λ -гиперонов, образующихся в $\pi^- p$ -взаимодействиях (рис. 16, 17 и 18).

в) Оценены размеры области рождения ΛK $(\bar{\Gamma}^2)^{1/2}$. Для этой величины получено значение $(0,46 \pm 0,012) \cdot 10^{-13}$ см, что хорошо совпадает с ядерным радиусом частиц, полученным из анализа опытов по упругому рассеянию.

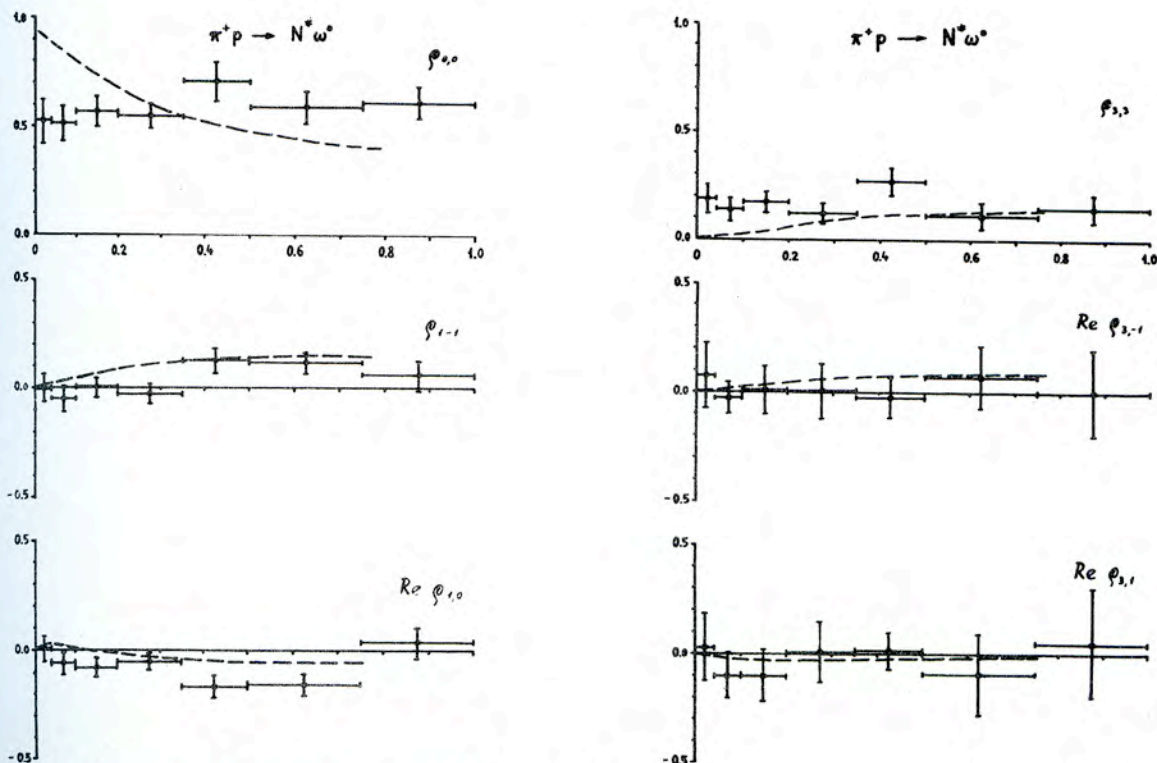
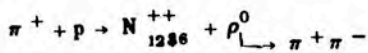


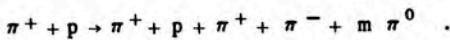
Рис. 12. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности от переданного импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \omega^0$.

5. Поиск мезон-нуклонных состояний с изотопическим спином 5/2.

а) Получены спектры π^- -мезонов в реакции $\pi^- p$ при импульсе падающих пионов 3,888 Гэв/с (рис. 19, 20 и 21). Предварительные данные указывают на то, что спектр π^- -мезонов можно объяснить суммой реакции

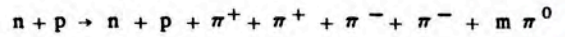


и нерезонансных процессов типа



В опыте использовались сцинтилляционные черенковские счётчики, искровые камеры и магнитный спектрометр из двух сильнофокусирующих магнитов.

б) Закончена обработка результатов исследования неупругого πp -взаимодействия на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры. Показано, что верхний предел сечения образования изобары и с изотопическим спином 5/2 в реакции



равен 30 мкбарн.

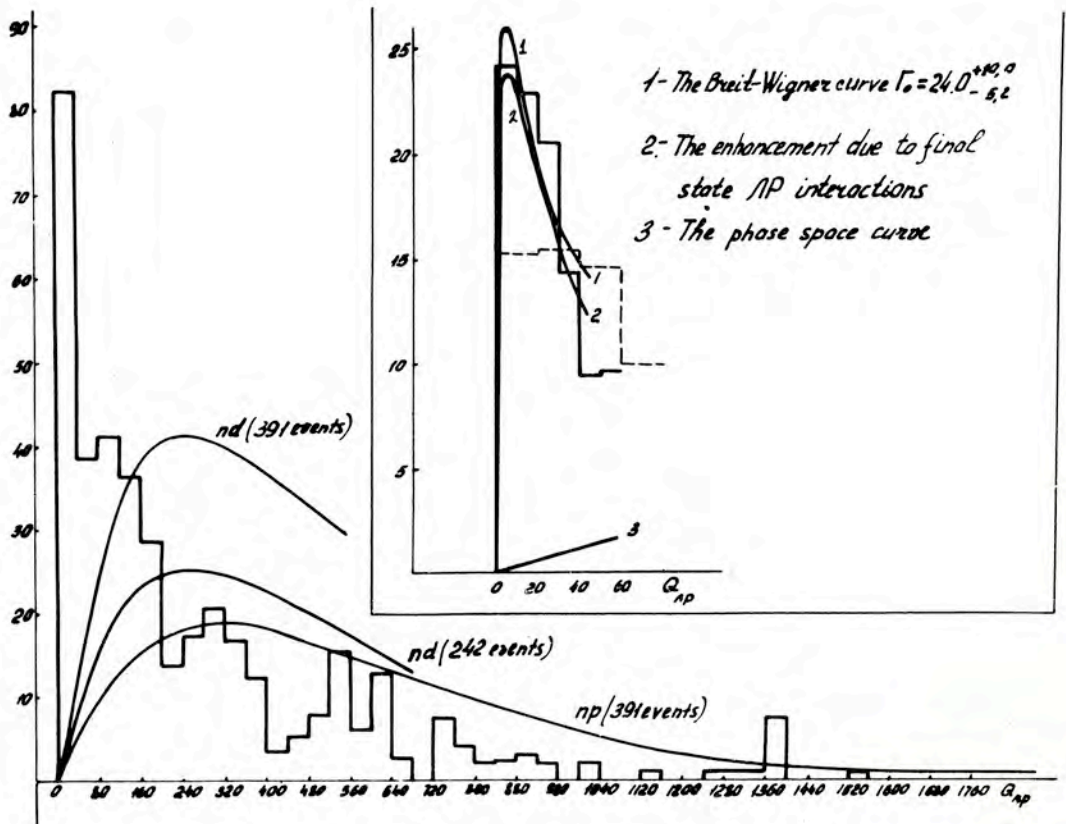


Рис. 13. Распределение по полной кинетической энергии в системе A_p .

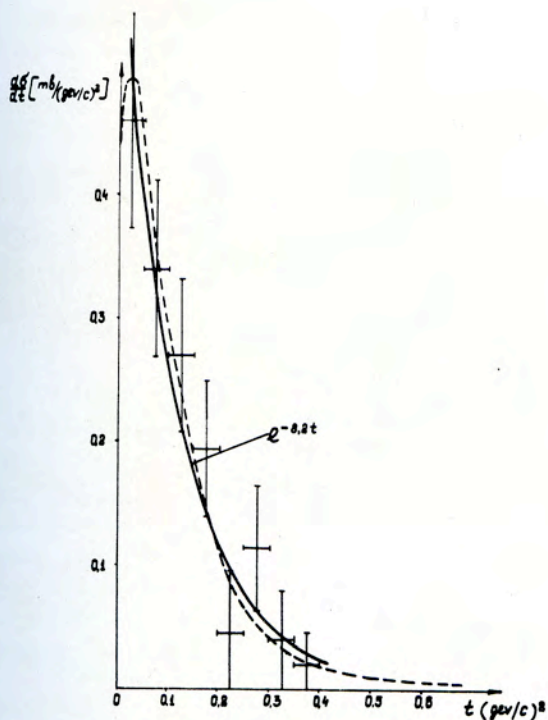
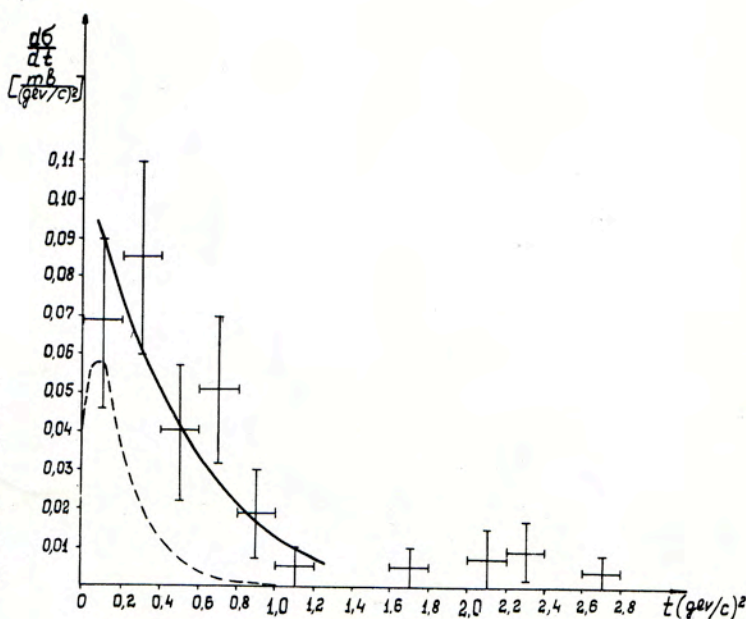


Рис. 14. Распределение дифференциального сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 (\Sigma^0) + K^0$ в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса t . Пунктирная кривая - вычисления на основе модели Редже с обменом двумя полюсами K_{890}^{*0} и K_{1420}^{*0} .

Рис. 15. Распределение дифференциального сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 (\Sigma^0) + K_{890}^{*0}$ в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса t . Сплошная кривая - расчёт $d\sigma/dt$ по ОРЕ-модели с учётом поглощения в предположении обмена K -мезоном. Пунктирная кривая - расчёт по модели полюсов Редже в предположении обмена K -полюсом.



7. При обработке 600 000 снимков, сделанных в ксеноновой камере, облученной π^+ -мезонами с импульсом 2,34 Гэв/с, получены следующие результаты:

а) отношение вероятностей образования η -мезона, распадающегося на два γ -кванта, к вероятности образования π^0 -мезона равно $(12,2 \pm 3,1)\%$;

б) вероятность образования других частиц, распадающихся на два γ -кванта, составляет не более 0,1 от вероятности образования η -мезона;

в) соотношения разных нейтральных каналов распада η - и ω -мезонов имеют вид:

$$R_1 \frac{\eta \rightarrow \pi^0 2\gamma}{\eta \rightarrow 2\gamma} = 0,30 \pm 0,22;$$

$$R_2 \frac{\eta \rightarrow 3\pi^0}{\eta \rightarrow 2\gamma} = 1,06 \pm 0,31;$$

$$R_3 \frac{\eta \rightarrow \pi^0 2 \gamma}{\eta - \text{ все нейтр.}} = 0,13 \pm 0,12;$$

$$R_4 \frac{N(\omega \rightarrow \eta \gamma)}{N(\omega \rightarrow \pi^0 \nu)} = 0,22 \pm 0,11;$$

$$R_5 \frac{N(\omega \rightarrow 2\pi^0 \gamma)}{N(\omega \rightarrow \pi^0 \gamma)} = 0,25 \pm 0,15.$$

г) Изучалось распределение эффективных масс комбинаций $2\pi^0$. Обнаружено отклонение, выходящее за фон, при массе S^0 -мезона со средним значением массы (733 ± 15) Мэв.

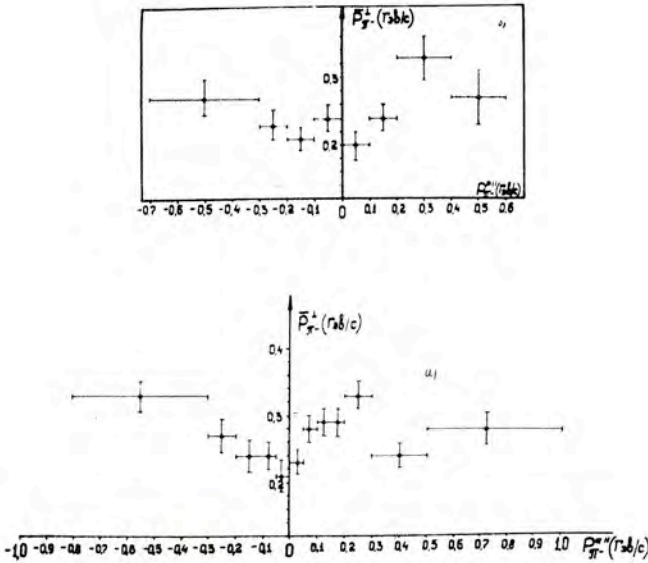


Рис. 16. Зависимость среднего поперечного импульса π^- -мезона от его продольного импульса в с.ц.м.

Рис. 17. Зависимость среднего поперечного импульса K^- -мезона от его продольного импульса в с.ц.м.

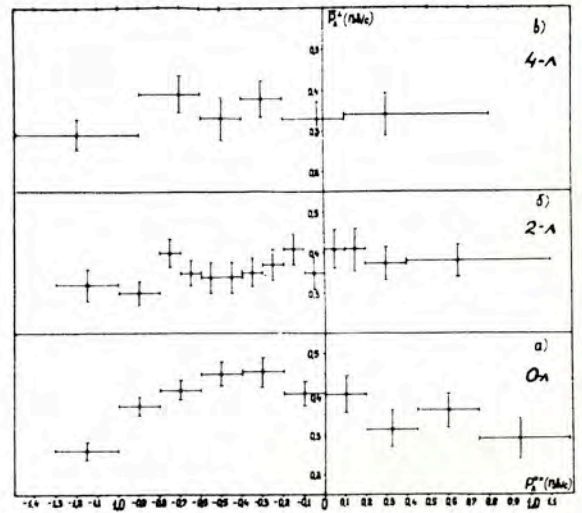
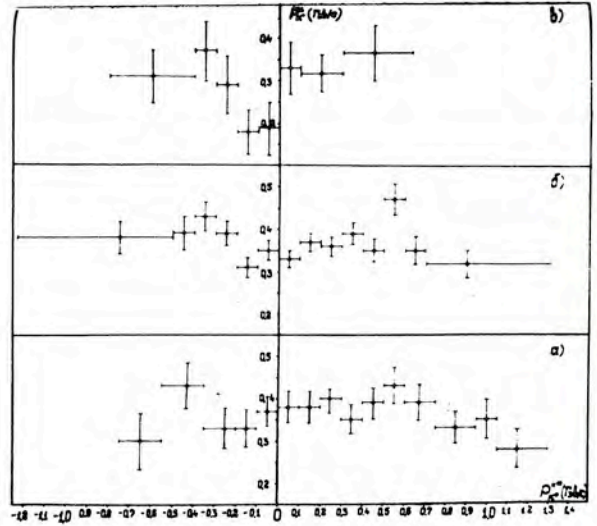


Рис. 18. Зависимость среднего поперечного импульса Λ -гиперона от его продольного импульса в с.ц.м.

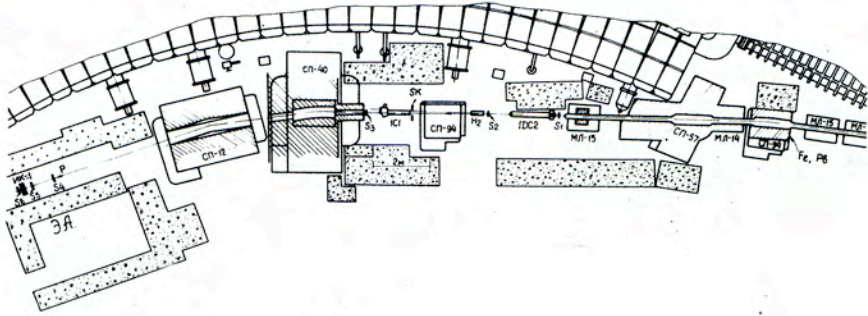


Рис. 19. Схема расположения аппаратуры на лучке в опытах по измерению спектра π^- -мезонов в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. МЛ-14 и МЛ-15 - квадрупольные магнитные линзы; СП-40 и СП-12 - магнитный спектрометр; ИК-1 - искровая камера; S_1 , S_6 - сцинтилляционные счётчики; SK - сцинтилляционный счётчик с дыркой по лучку; IC1 и IC2 - газовые черенковские счётчики.

Рис. 20. Спектр импульсов π^- -мезонов в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. Пунктирная кривая - фон с пустой мишенью, сплошная кривая - расчёт для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$

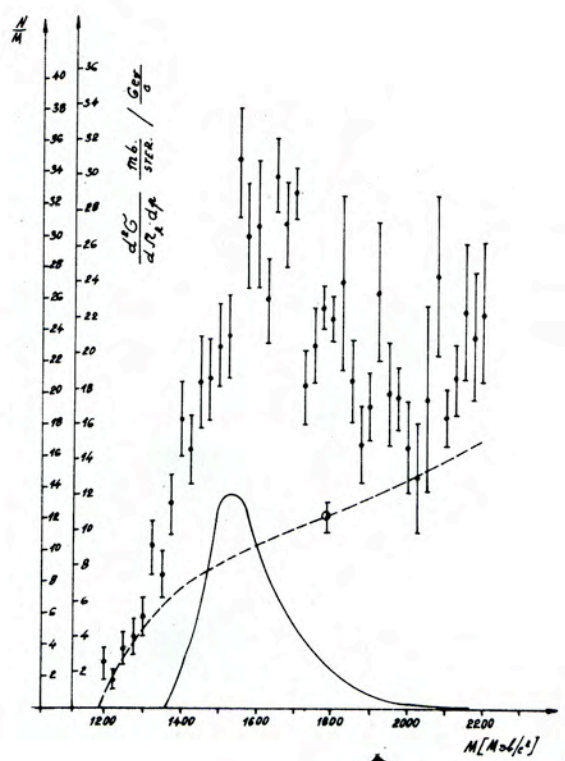
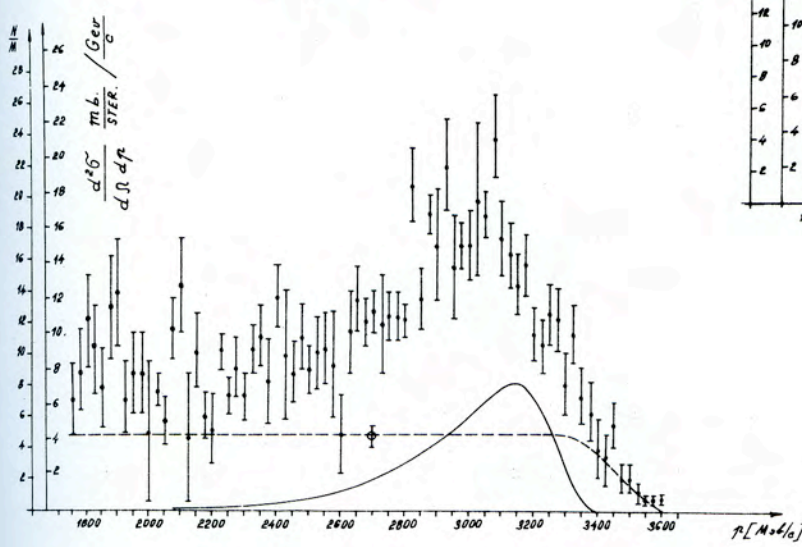
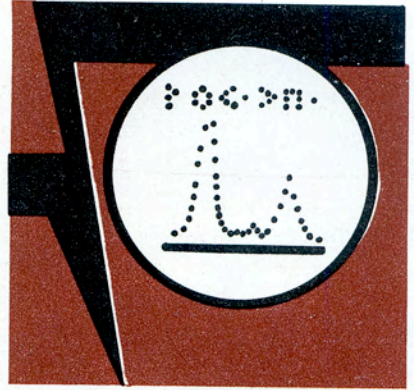


Рис. 21. Спектр эффективных масс X^{+++} в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. Пунктирная кривая - фон с пустой мишенью, сплошная кривая - расчёт для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.



3 СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
АППАРАТУРЫ
И РАБОТА
ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК
В 1968 ГОДУ

Лаборатория
высоких энергий

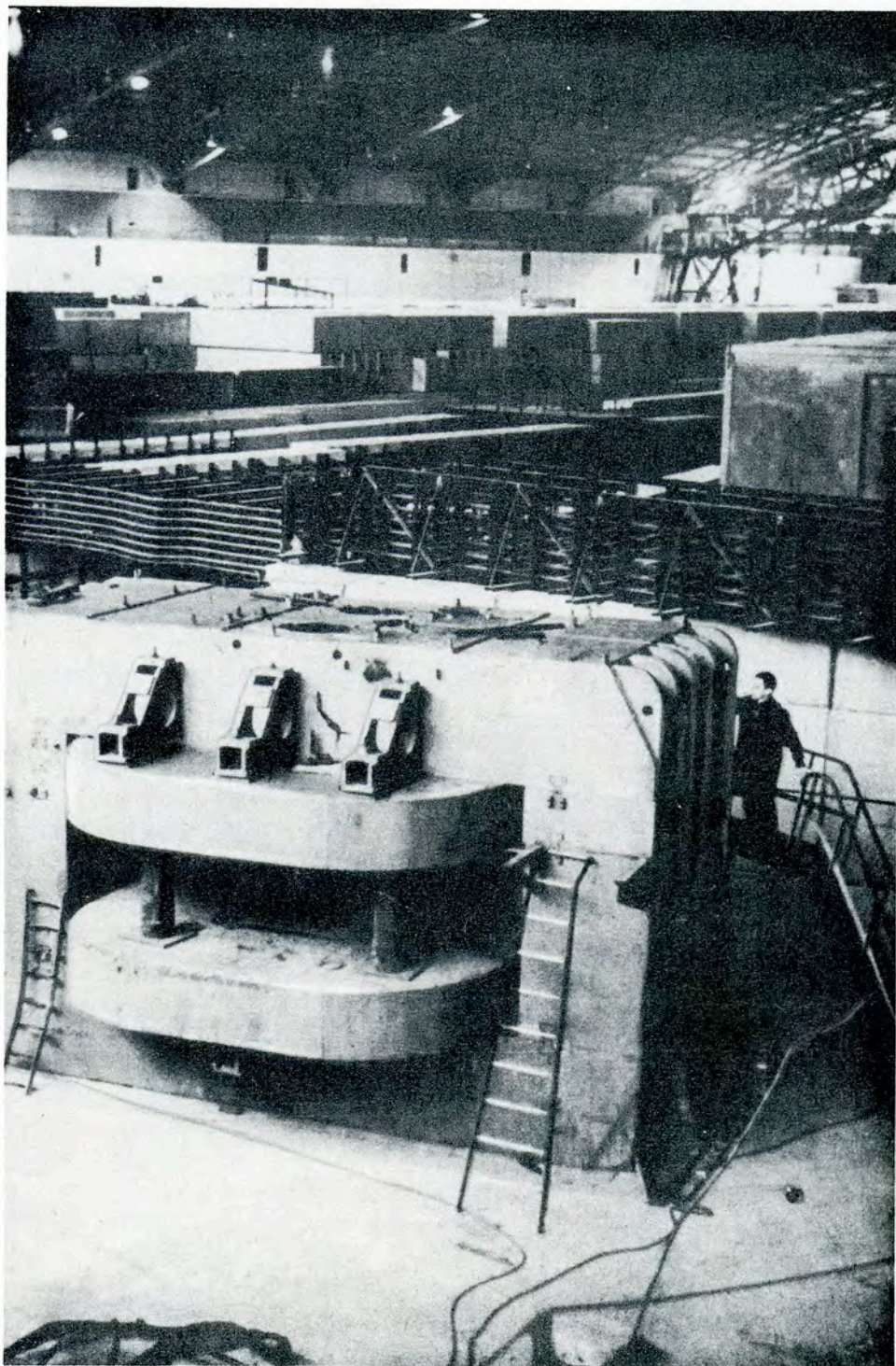


Рис. 66. 2-метровая
пузырьковая пропановая
камера монтируется
на пучке ускорителя
ИФВЭ на 76 Гэв.

Искровые камеры и электроника

В лаборатории продолжалось развитие методики бесфильмовых искровых камер. Разработан новый метод съема информации с искровых камер, в котором используется статическое запоминающее устройство на магнитострикционных линиях.

Пузырьковые камеры

1. Двухметровая пропановая камера перевезена в ИФВЭ, где монтируется на пучке π^- -мезонов с энергией 40 Гэв.

2. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера. Завершено изготовление габаритных узлов. Начаты комплексные испытания камеры при азотной температуре. На рис. 67 показан ее общий вид.

Мишени

1. Струйная газовая водородная мишень для исследования упругого pp -рассеяния на ускорителе 76 Гэв смонтирована в ИФВЭ, произведена ее наладка. Состоялся успешный пуск установки совместно с ускорителем и всей экспериментальной аппаратурой. На рис. 69 показан общий вид струйной газовой водородной мишени.

2. 3-метровая жидководородная мишень для экспериментов по регенерации K_1^0 -мезонов на ускорителе в ИФВЭ спроектирована и изготавливается криогенным отделом лаборатории.

Работа синхрофазотрона

Работа ускорителя по плану - 4889 часов. 78,5% этого времени составила работа для физических экспериментов со средней интенсивностью $5,5 \cdot 10^{10}$ протонов за цикл.

В пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с были проведены экспозиции пузырьковых камер

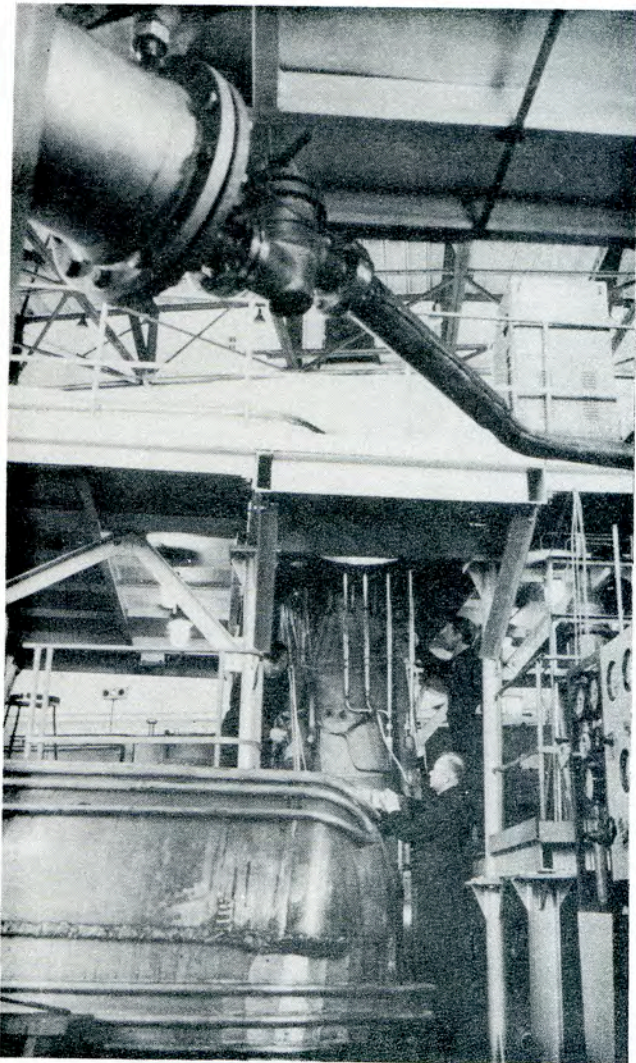


Рис. 67. Общий вид 2-метровой водородной камеры перед азотными испытаниями.

а) однометровой жидководородной (220 тыс. фотографий);

б) однометровой пропановой (около 26,7 тыс. фотографий).

В пучке K^+ -мезонов с импульсом 0,6 Гэв/с получено около 104 тыс. фотографий на 55-сантиметровой ксеноновой камере.

Новые каналы пучков вторичных частиц

1. Введен в действие пучок отрицательных частиц с импульсом около 400 Мэв/с.

2. Подготовлен к эксплуатации пучок отрицательных частиц с импульсом 4 Гэв/с и интенсивностью 12,6 тыс. частиц на 10^{10} ускоренных протонов.

3. Подготовлен к эксплуатации пучок отрицательных частиц с импульсами в районе от 3 до 7 Гэв/с, расходимостью 0,5 мрад. и интенсивностью около 3 тыс. частиц на 10^{10} ускоренных протонов.

Усовершенствование синхрофазотрона

1. Быстрый вывод пучка протонов. Продолжались работы по усовершенствованию различных узлов быстрого вывода протонного пучка. Эффективность вывода поднята до 80%.

Проведены исследовательские конструкторские работы, которые позволили изготовить надежно работающую обмотку возбуждения отклоняющего магнита. Изготовлены два поворотных магнита для канала транспортировки пучка (рис. 70). Для контроля интенсивности выведенного пучка заряженных частиц освоен новый метод, основанный на эффекте вторичной эмиссии металлической пластинки, помещенной в пучок.

2. Работы по увеличению интенсивности пучка синхрофазотрона велись в основном по двум направлениям:

а) усовершенствование работающего инжектора;

б) создание нового линейного ускорителя на 20 Мэв с жесткой фокусировкой, для которого изготовлена ускоряюще-фокусирующая система (рис. 71).



Рис. 68. Строительство нового корпуса для испытания пузырьковых камер и других криогенных работ.

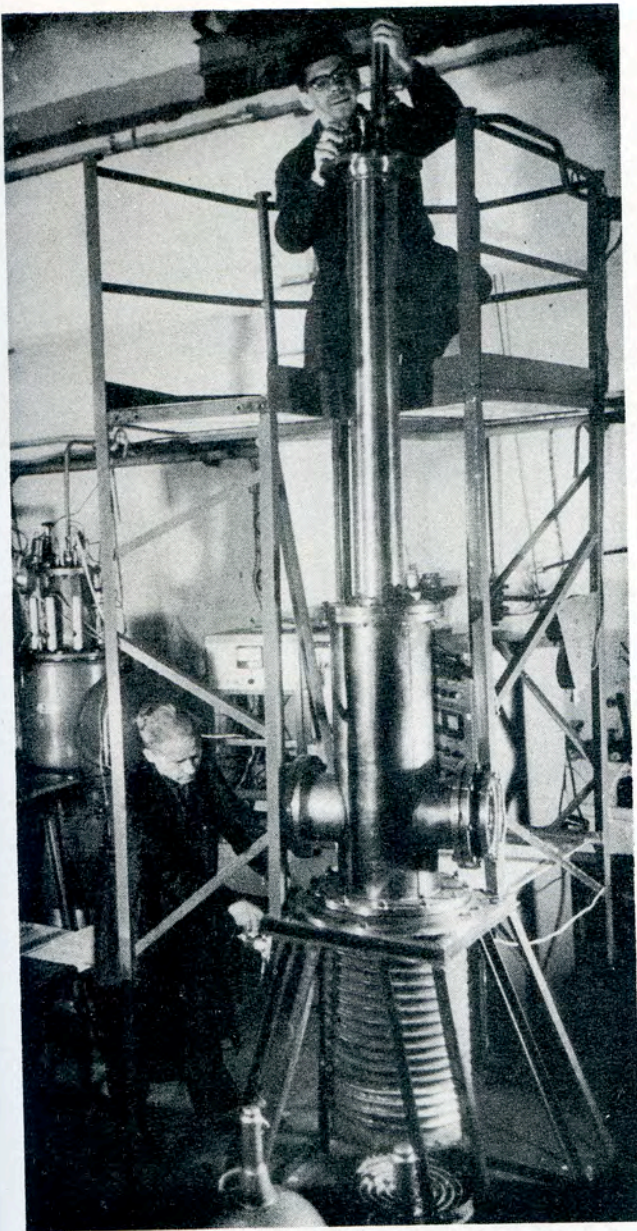


Рис. 69. Общий вид установки струйной газовой водородной мишени для исследования упругого pp -рассеяния на малые углы.

Рис. 71. Строящийся линейный ускоритель на 20 Мэв - инжектор синхрофазотрона.

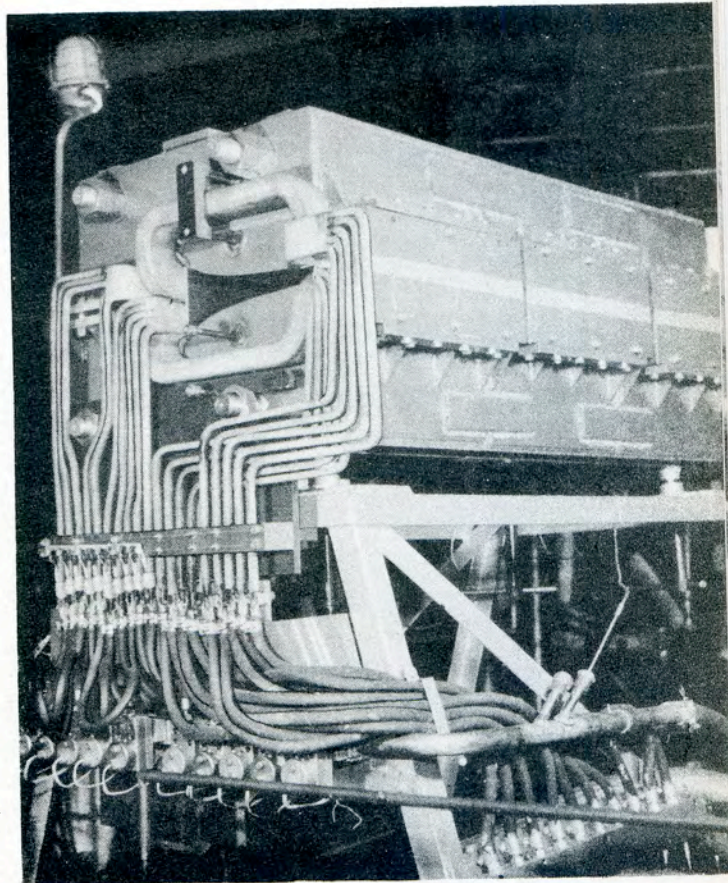


Рис. 70. Поворотный магнит для канала транспортировки выведенного пучка протонов из синхрофазотрона.

