

# ДУБНА·1972

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

# 1972 · DUBNA



## Лаборатория высоких энергий

В лаборатории выполнялись исследования в области физики элементарных частиц, в области релятивистской ядерной физики, велись разработки новых приборов для физических экспериментов, производилось совершенствование и создание методики проведения экспериментов, улучшение параметров и модернизация основной ускорительной базы лаборатории - синхрофазотрона. Существенная часть усилий коллектива лаборатории приходилась на реализацию серпуховской программы научных работ.

Большая часть исследований проводилась с помощью Лаборатории вычислительной техники и автоматизации и на основе широкого международного сотрудничества с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

## Научно-исследовательские работы

### Поведение амплитуд рассеяния в зависимости от энергии взаимодействующих частиц

◇ Завершен анализ результатов по изучению упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний на малые углы в интервале энергий 10-70 Гэв. В результате установлено, что при описании параметра наклона  $b_{pp}$  формулой  $b_{pp}(S) = b_0 + 2b_1 \ln(S/S_0)$  из экспериментальных данных следует:

$$b_0 = /7,32 \pm 0,25/ \text{ Гэв}/c/^{-2}$$

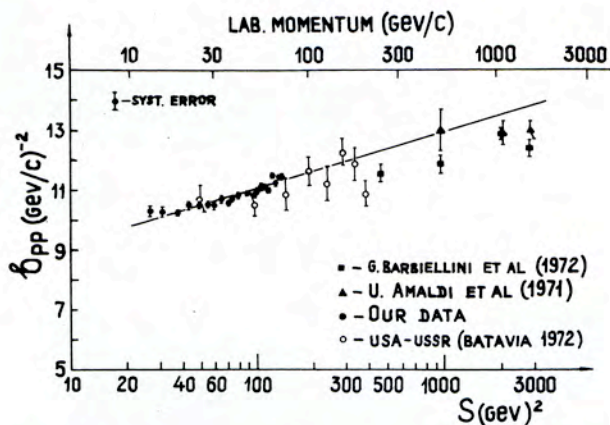
и

$$b_1 = /0,41 \pm 0,06/ \text{ Гэв}/c/^{-2}$$

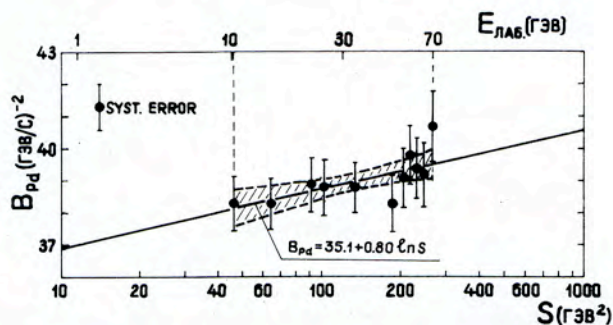
при  $S_0 = 1 \text{ Гэв}^2$  /здесь  $S$  - квадрат

полной энергии в с.ц.м./-. Параметр  $b_1$  является "эффективным" наклоном дающих вклад в амплитуду данной реакции траекторий полюсов. Основной вклад в эту величину вносит наклон траектории полюса Померанчука  $\alpha_p'$ . Прямая, проведенная через экспериментальные точки по формуле для  $b_{pp}(S)$ , приведена на рис. 1.

На рис. 2 показана энергетическая зависимость параметра наклона упругого



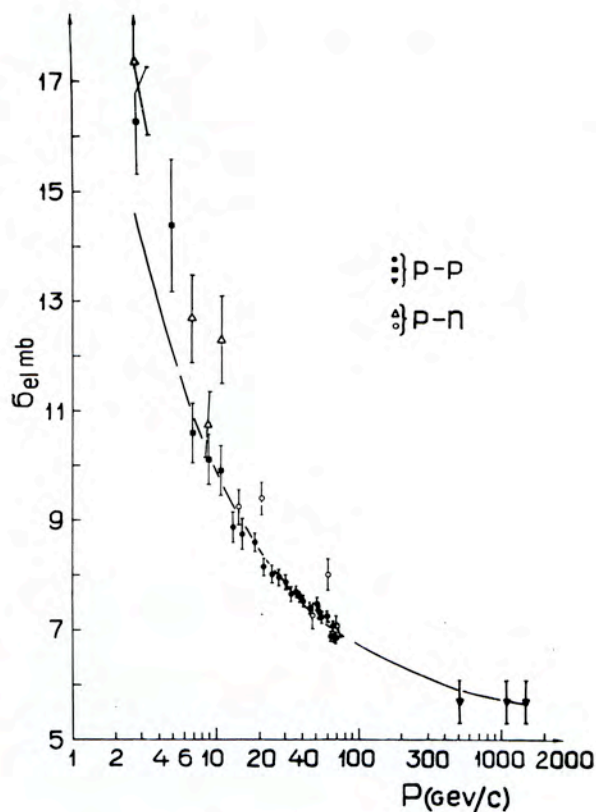
1. Параметр наклона упругого  $pp$ -рассеяния при  $|t| \leq 0,1$  /Гэв<sup>2</sup>.



2. Параметр наклона упругого  $pd$ -рассеяния при  $0,02 \leq |t| \leq 0,05$  /Гэв<sup>2</sup>.

$pd$ -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв. Эта зависимость подтверждает величину наклона траектории Померанчука, следующую из эксперимента по  $pp$ -рассеянию.

При использовании экспериментальных данных о параметрах наклона и величинах действительной части амплитуд упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний рассчитаны сечения этих реакций /рис. 3,

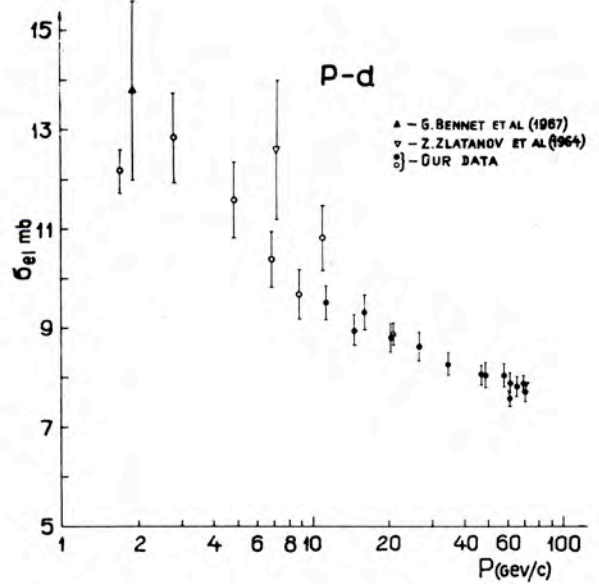


3. Сечения упругого  $pp$ - и  $pn$ -рассеяния. Систематические ошибки:  $\bullet$  - 3,5%,  $\Delta$  - 15%,  $\circ$  - 6%. Нанесена эмпирическая кривая вида  $\sigma_{el}(p) = \sigma_0 + \sigma_1 p^{-n}$ , проведенная через указанные точки  $\sigma_{el}(p)$ .  $\sigma_0 = 5,36 \pm 0,29$  мбарн;  $\sigma_1 = 16,1 \pm 1,7$  мбарн,  $n = 0,545 \pm 0,061$ .

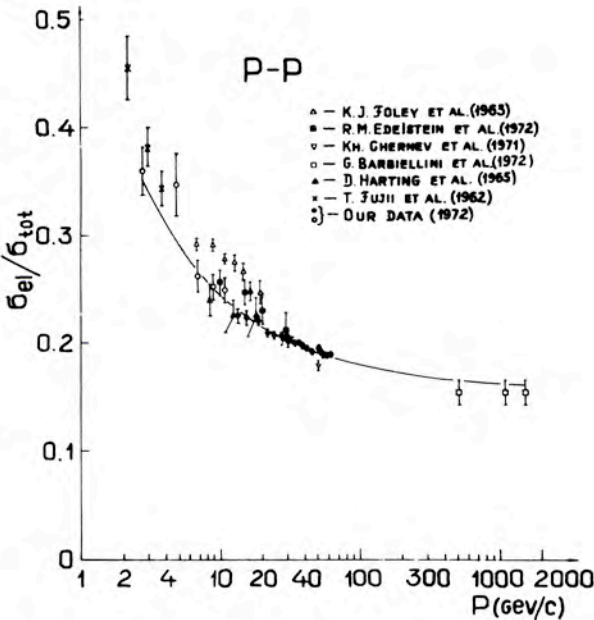


4, 5/. С ростом энергии сечения упругого  $pp$ -,  $pd$ - и  $pn$ -рассеяний уменьшаются, что вызвано ростом параметра наклона, а также уменьшением действительной части амплитуды рассеяния.

На основе теории Глаубера из экспериментальных данных о дифференциальных сечениях упругого  $pp$ -,  $pd$ -и  $pn$ -рассеяний в интервале энергий 10-26 Гэв вычислена сумма квадратов формфакторов для  $S$ - и  $D$ -состояний дейтрона при значениях квадрата переданного четырехимпульса  $|t| \leq 0,2$  Гэв<sup>2</sup>. Из числа рассмотренных волновых функций наилучшее согласие с экспериментом дает волновая функция Брессела и Кермана /рис. 6/.



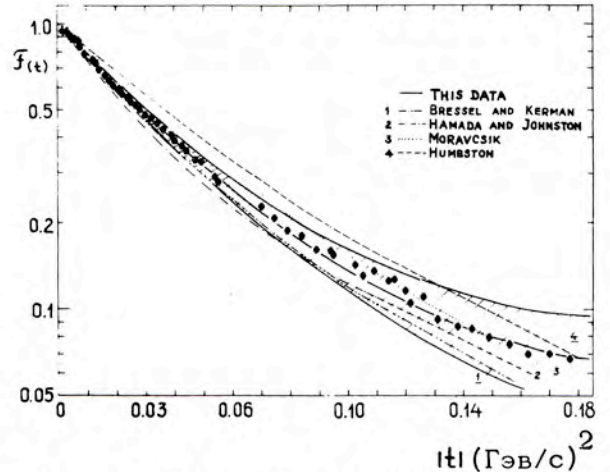
5. Сечение упругого  $pd$ -рассеяния.



4. Отношение  $\sigma_{el}/\sigma_{tot}$  для  $pp$ -и  $pn$ -взаимодействий. Представлена эмпирическая кривая вида

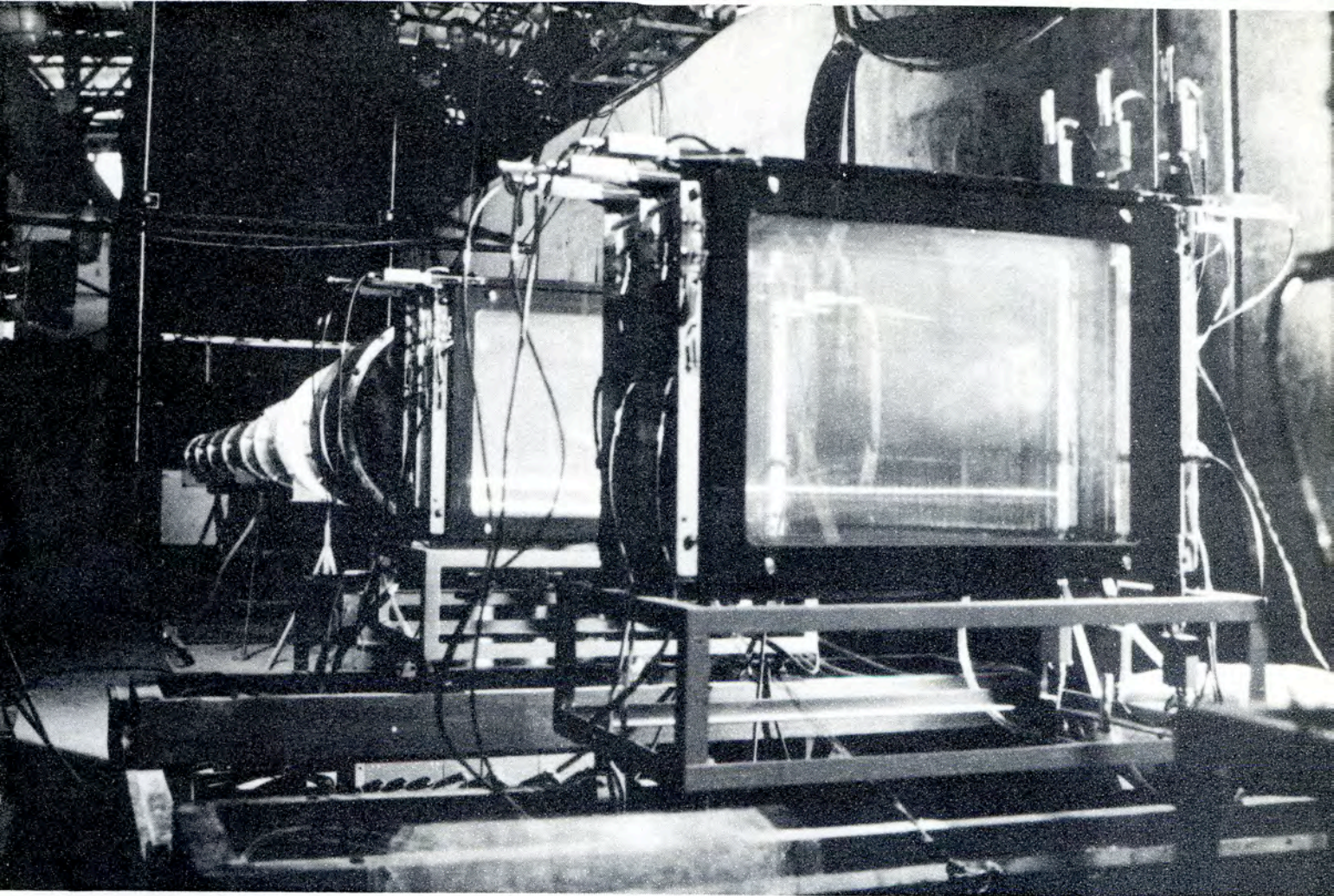
$$\frac{\sigma_{el}}{\sigma_{tot}}(p) = a_0 + a_1 p^{-n};$$

рассчитанная для  $pp$ -взаимодействия:  
 $a_0 = 0,157 \pm 0,007, \quad a_1 = 0,360 \pm 0,047,$   
 $n = 0,602 \pm 0,080.$

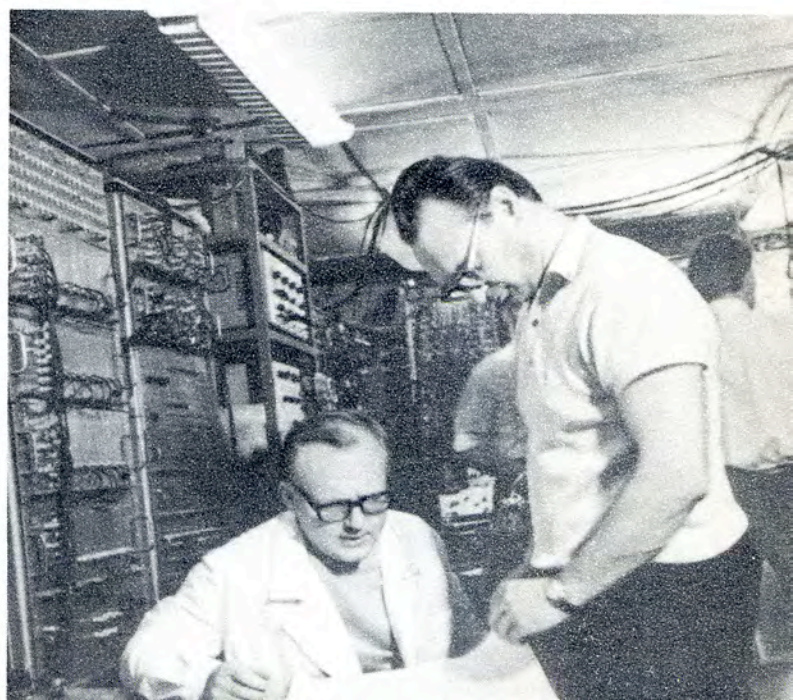


6. Сумма квадратов формфакторов дейтрона в  $S$ - и  $D$ -состояниях:  $F(t) = S_0^2(t/4) + S_2^2(t/4)$ . Показаны теоретические значения  $F(t)$  для различных волновых функций дейтрона: 1 - данные Брессела и Кермана, 2 - Хамады-Джонстона, 3 - Моравчика, 4 - Хамбстона.

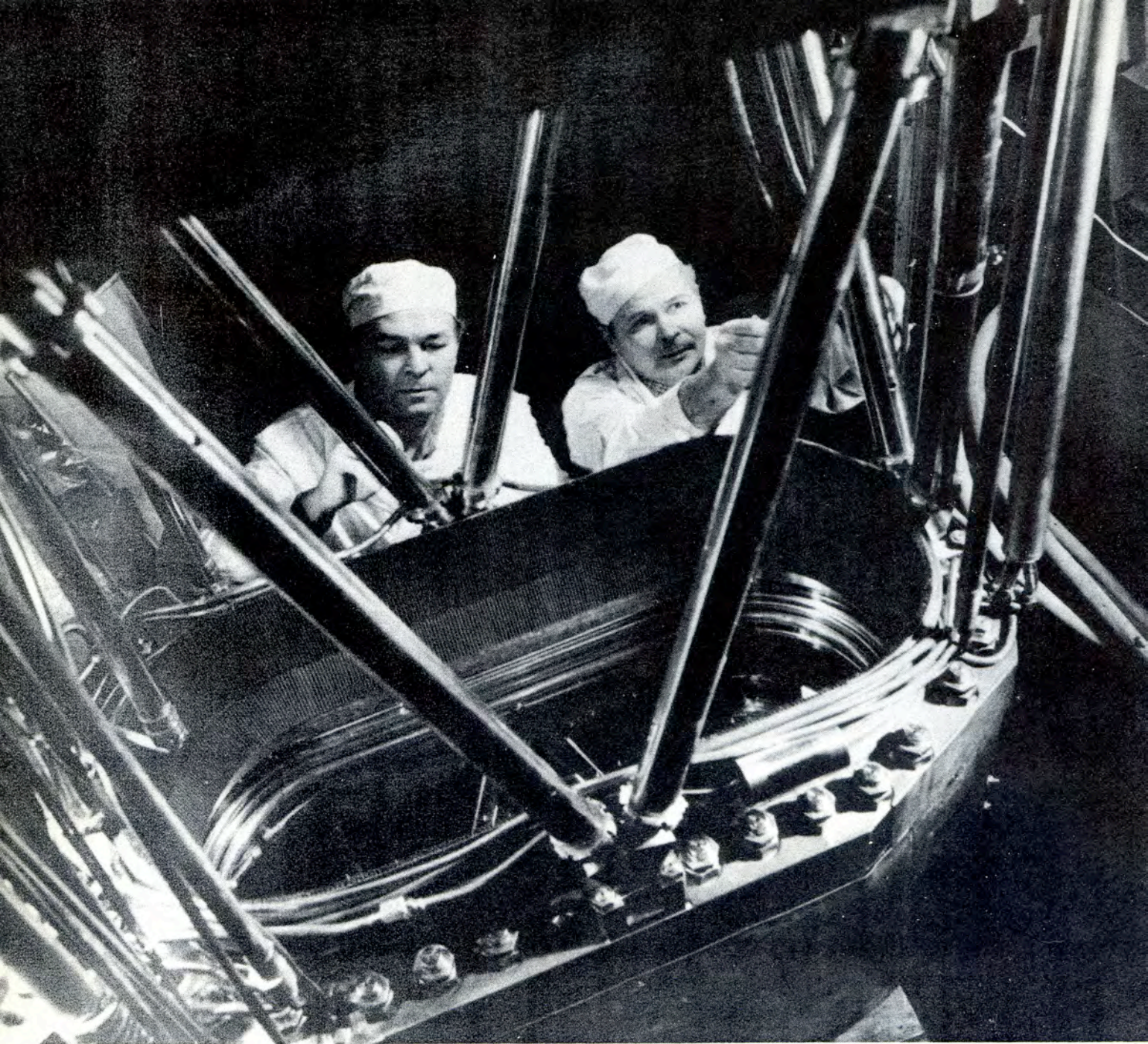




*С помощью большого искрового спектрометра на линии с ЭВМ изучается регенерация короткоживущих каонов долгоживущими в мишени - регенераторе. На пучке 76 Гэв серпуховского ускорителя проведены измерения с трехметровыми жидководородной и жидкодейтериевой мишенями.*



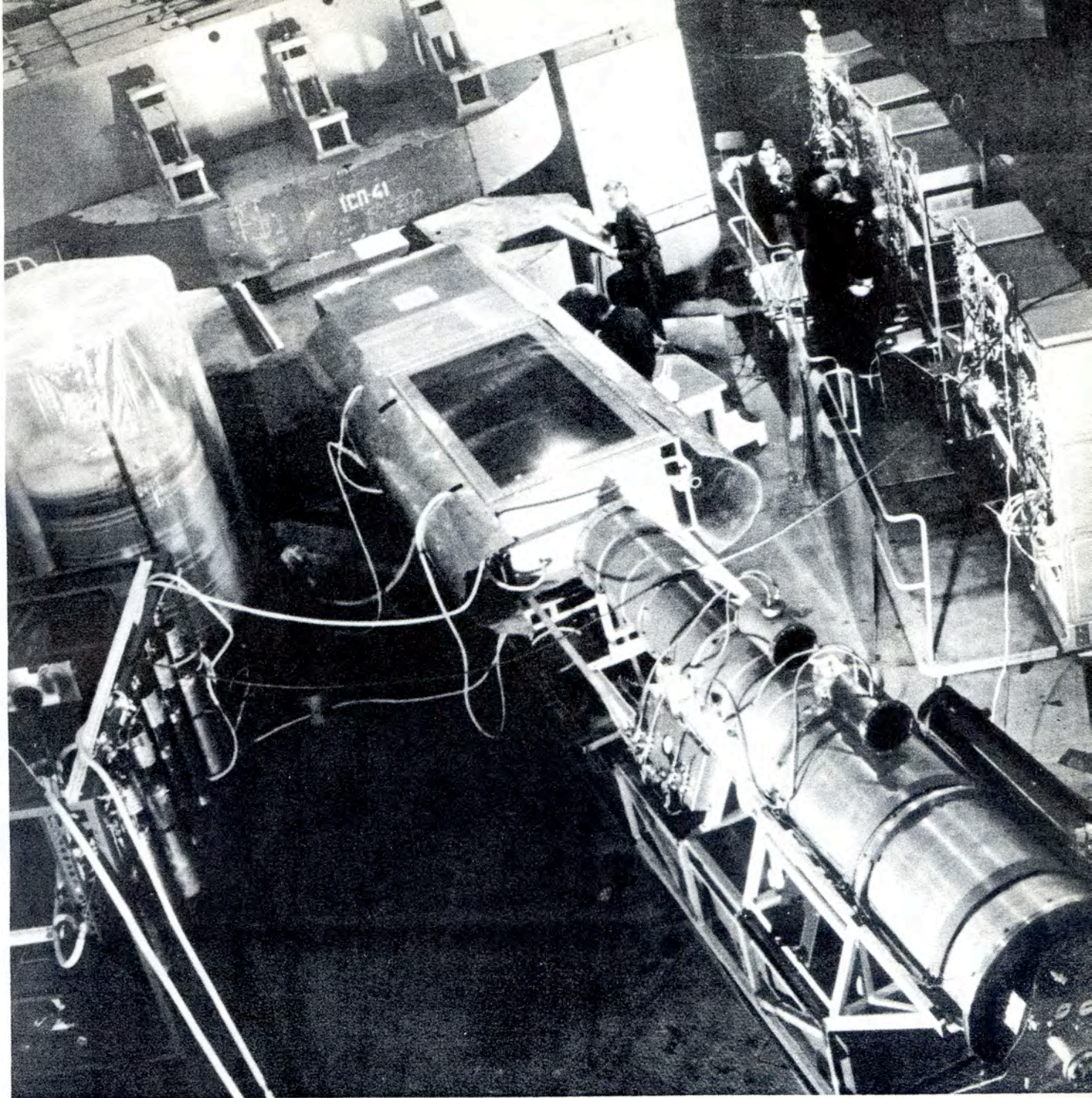




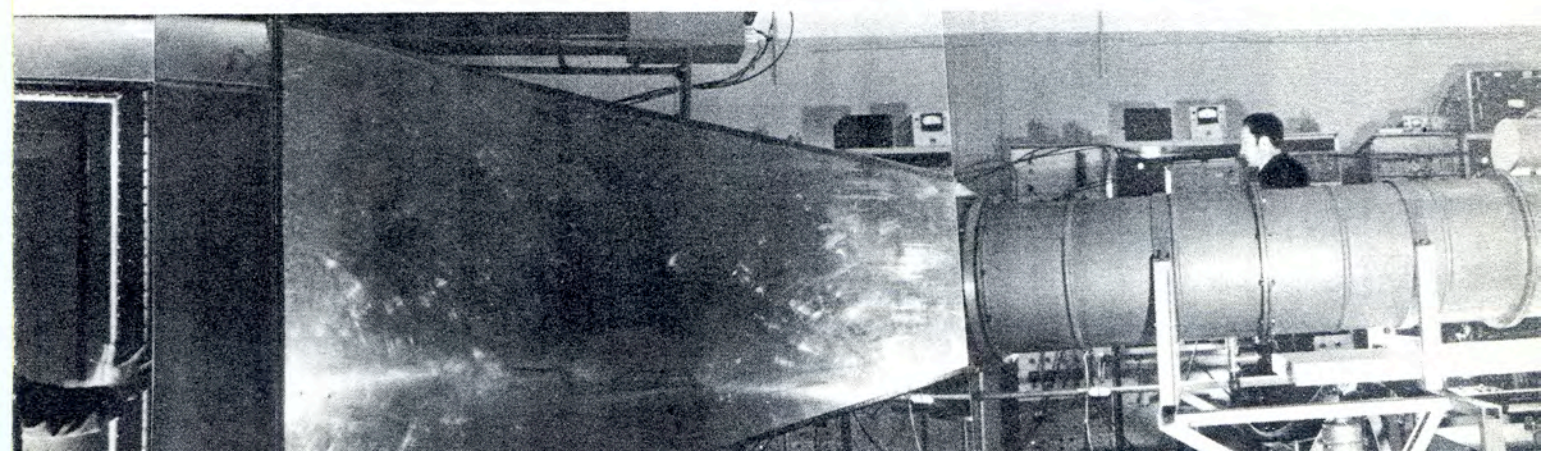
*На основе снимков с метровой жидководородной камеры продолжается исследование неупругих взаимодействий пионов. Работа выполняется совместно с институтами ГДР, МНР, СРР, ЧССР. Изучается экспериментальный материал, полученный при облучении камеры релятивистскими дейтронами.*



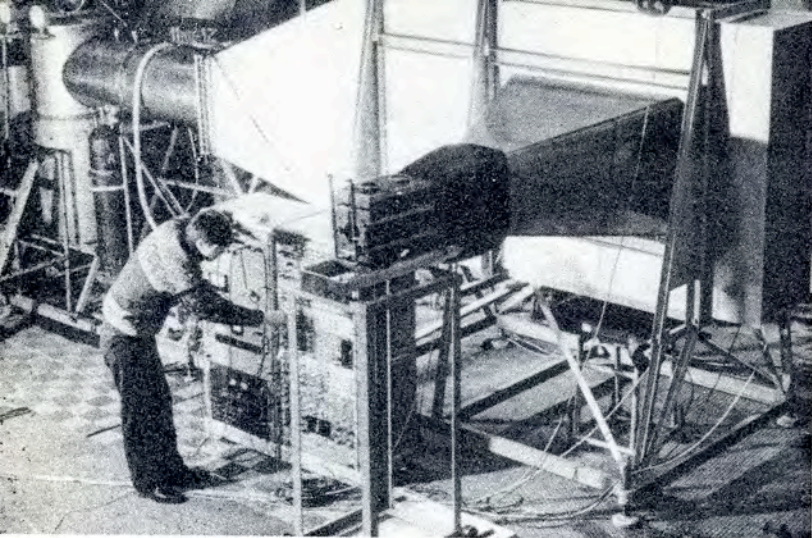




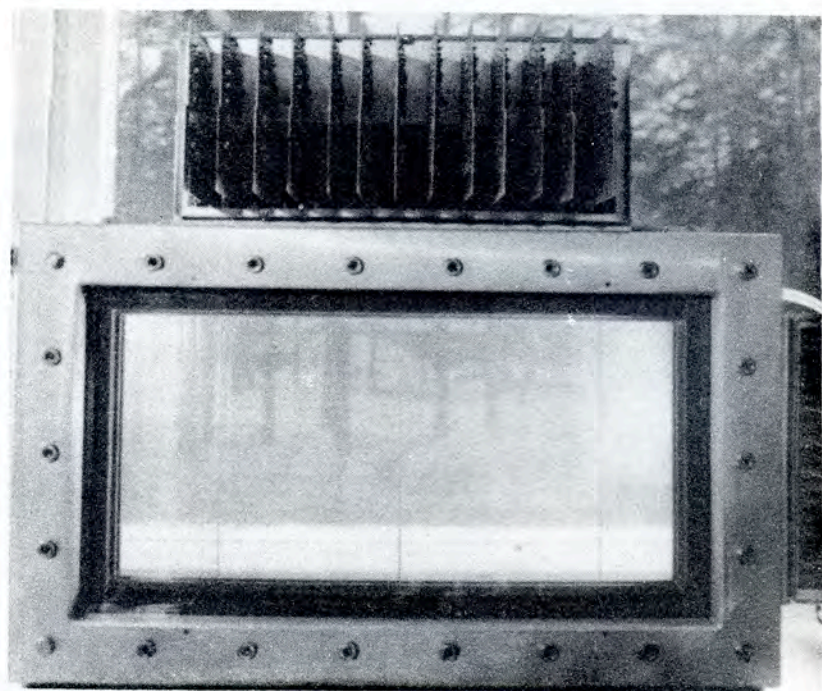
▲  
Стримерная камера СКМ-200 установлена в пучке медленного вы-  
вода частиц из синхрофазотрона ЛВЭ.  
▼



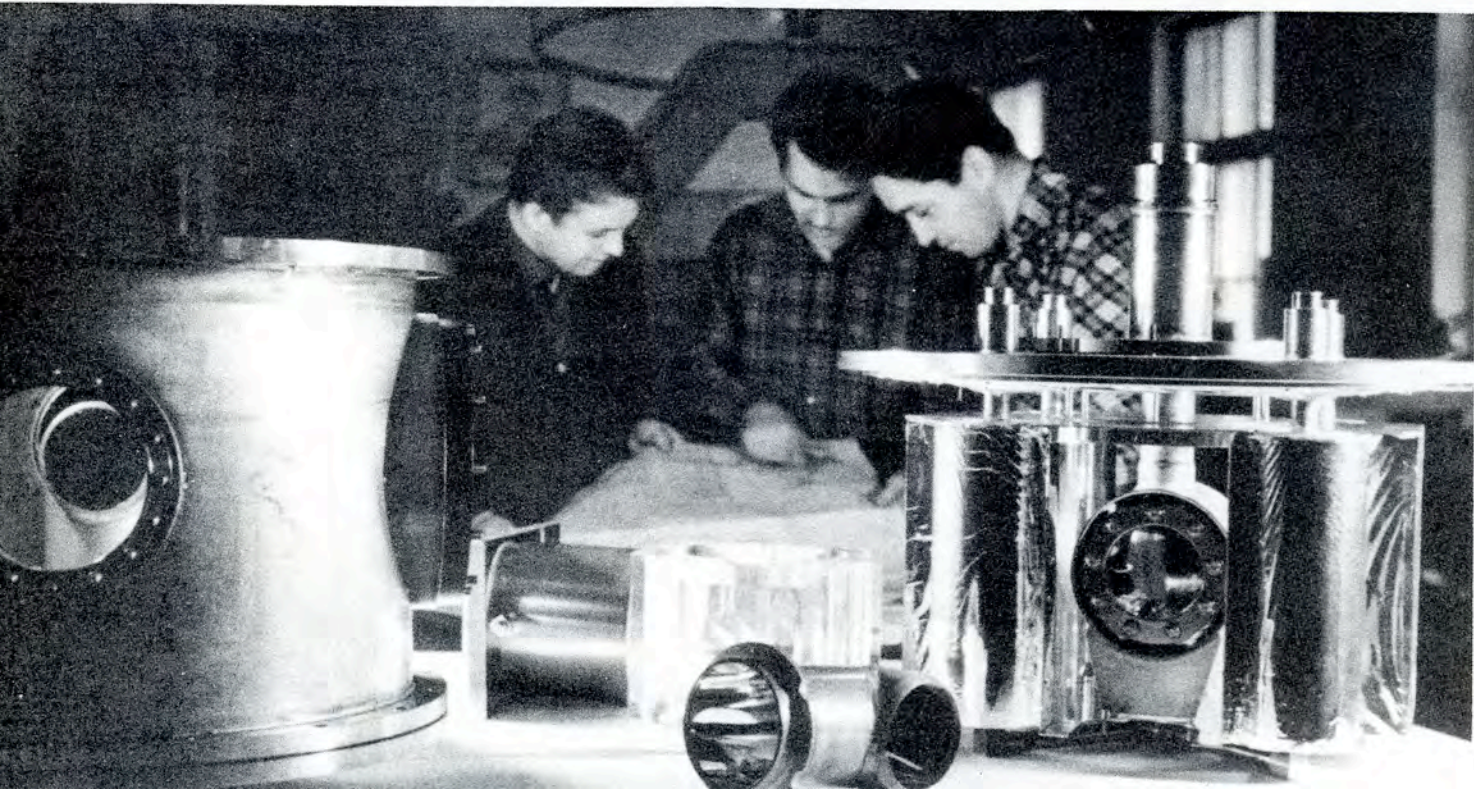




◀ Общий вид установки "Резонанс".



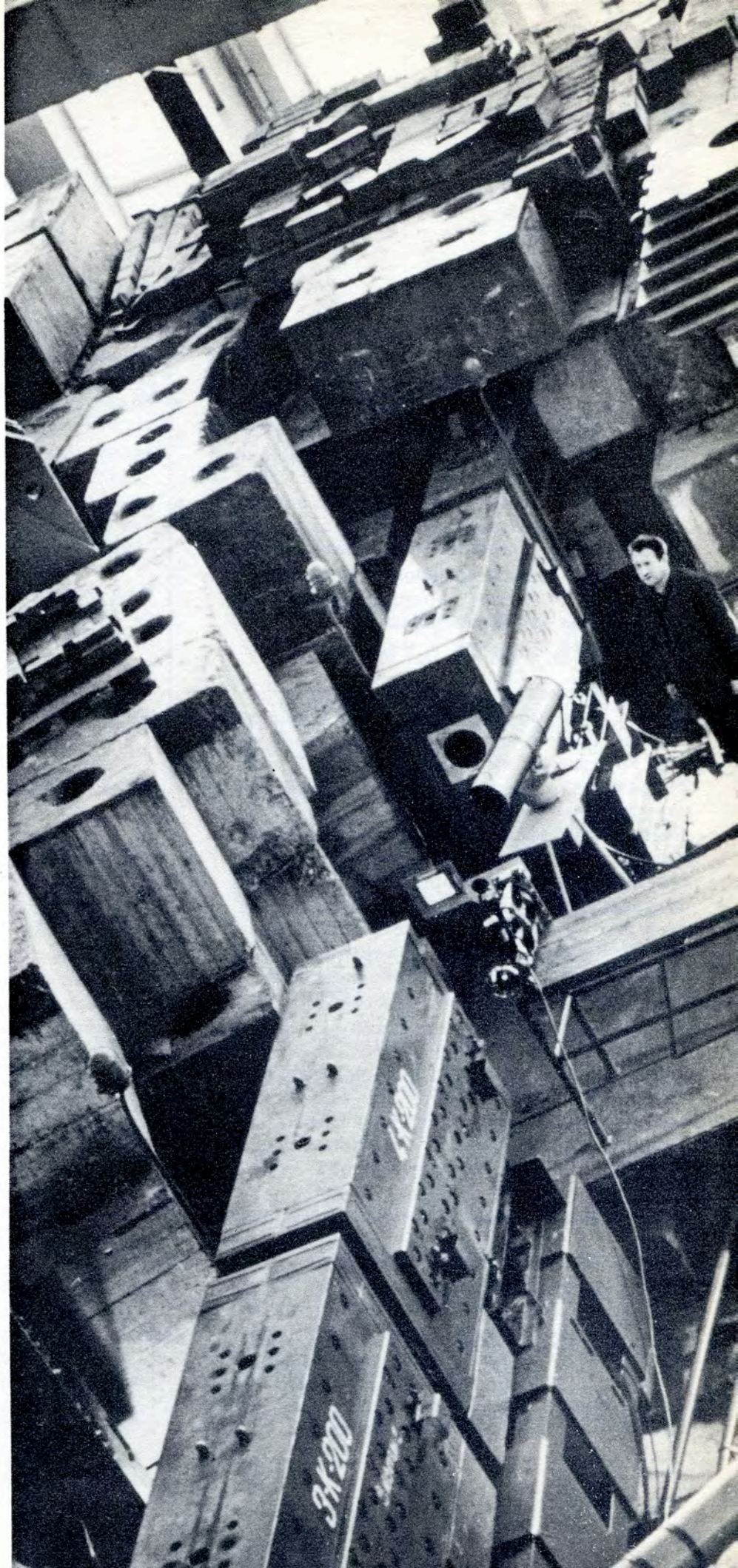
Двухкоординатная разборная пропорциональная камера размером  $0,3 \times 0,6 \text{ м}^2$ . ▶





Осуществлен мед-  
ленный вывод пучка  
ускоренных прото-  
нов из камеры син-  
хрофазотрона. Эф-  
фективность вывода  
превышает 90%. Пучок транспортирует-  
ся к эксперимен-  
тальным установкам  
в измерительном па-  
вильоне с помощью  
системы магнитных  
линз.

Испытана установка  
с гелиевым детек-  
тором, предназنا-  
ченная для экспе-  
риментов на синхро-  
фазотроне.



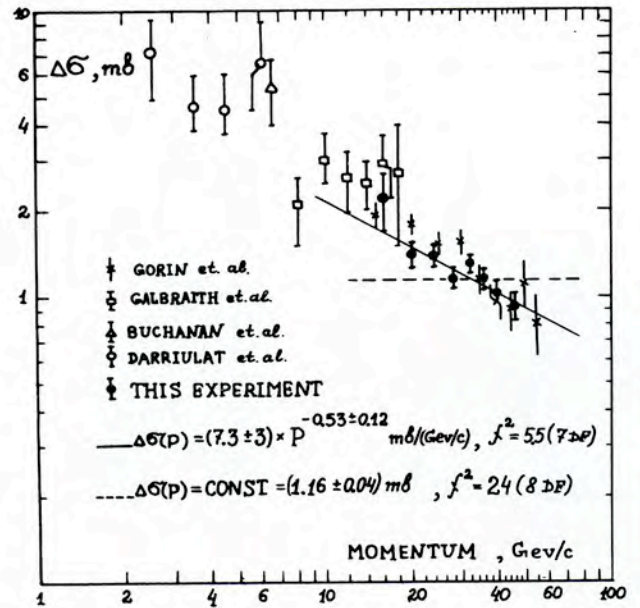


◆ *Исследования асимптотического поведения амплитуд рассеяния нейтральных каонов на ядрах водорода, дейтерия и других проводятся на ускорителе 76 Гэв /ИФВЭ, Серпухов/ с помощью большого искрового спектрометра на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. В состав спектрометра входят 18 двухкоординатных бесфильмовых искровых камер, анализирующий магнит, детектор электронов и мюонов и сцинтилляционный годоскоп - триггер. Изучается регенерация короткоживущих каонов долгоживущими каонами в мишени-регенераторе.*

При исследовании регенерации с помощью трехметровой жидководородной мишени получены следующие результаты для интервала импульсов 14-42 Гэв/с. Найдено, что модуль разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$  убывает с ростом энергии каонов, падающих на мишень-регенератор, приблизительно обратно пропорционально корню квадратному из энергии /рис. 7/, а фаза этой разности остается постоянной и равной  $-131^\circ \pm 8^\circ$  /рис. 8/. Таким образом, нарушений теоремы Померанчука в области 10-50 Гэв/с не наблюдается.

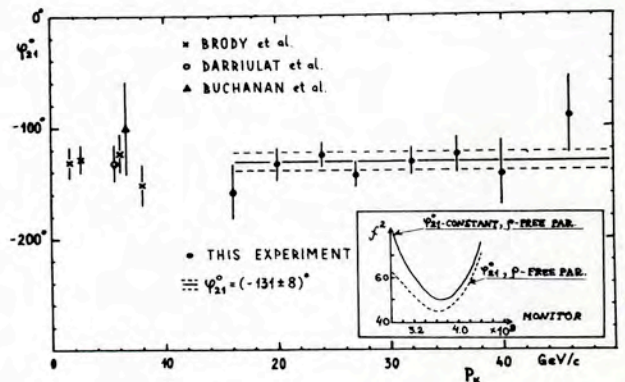
Для опытов по регенерации на дейтерии в лаборатории была изготовлена уникальная трехметровая жидкодейтериевая мишень. В ходе эксперимента на магнитные ленты записана обширная информация /около 2 млн. событий/. Организована ее обработка в странах-участницах: НРБ, ВНР, ГДР, ЧССР. Дополнительно к главной программе исследований регенерации каонов в ВНР обработаны данные о 100 тыс. распадов  $K_{\mu 3}$  с целью изучения формфактора каонов.

После окончания измерений с дейтерием большой искровой спектрометр переносится на новый канал нейтральных частиц, создаваемый ИФВЭ, с целью изучения электромагнитного формфактора каонов в экспериментах на ядрах.



7. Энергетическая зависимость модуля разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$ .

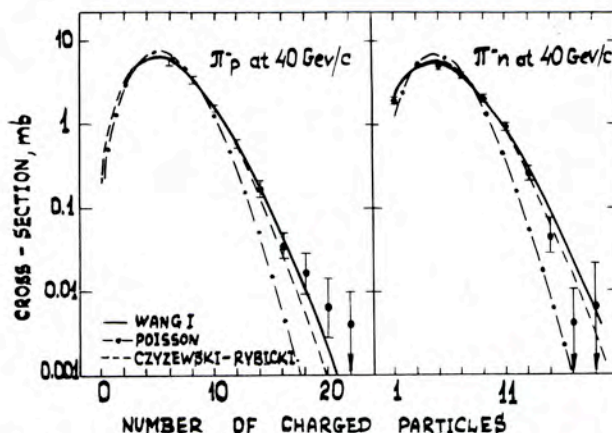
8. Энергетическая зависимость фазы разности амплитуд упругого рассеяния вперед  $K^0 p$  и  $\bar{K}^0 p$ .





◇ В исследовании упругого рассеяния пионов на гелии при импульсах 3,48 и 6,13 Гэв/с завершена обработка данных для интервала малых передач 0,007-0,100 Гэв<sup>2</sup>. Результаты измерений дифференциальных сечений упругого рассеяния пионов на ядрах гелия оказались в удовлетворительном согласии с теоретическими расчетами, сделанными на основе глауберовской модели.

◇ Исследование упругого  $\pi^-p$ -рассеяния на малые углы при энергии 40 и 50 Гэв ведется на ускорителе 76 Гэв в Серпухове. С помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ зарегистрировано около 5 млн. запусков установки.



9. Распределение вероятности образования событий в зависимости от числа вторичных лучей при  $\pi N$ -взаимодействии.

**Механизм  
рождения и распада частиц и резонансов.  
Поиск новых резонансов**

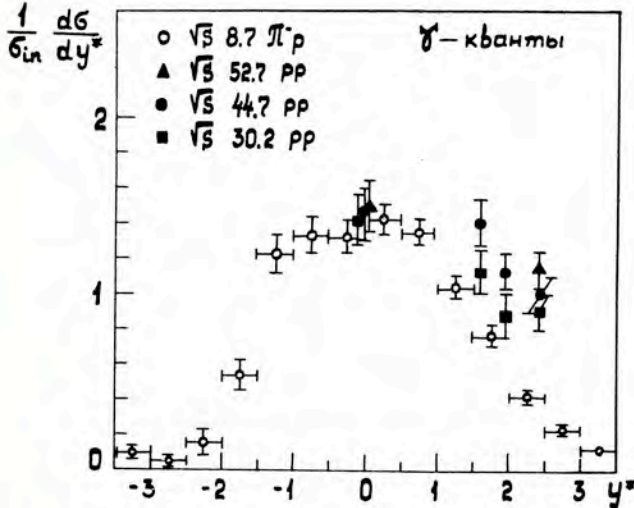
◇ В экспериментах по изучению  $\pi^-p$ ,  $\pi^-n$ - и  $\pi^-C$ -взаимодействий при импульсе 40 Гэв/с двухметровая пропановая пузырьковая камера была облучена на ускорителе 76 Гэв /Серпухов/ в пучке отрицательных пионов. В 1972 году на камере получено 200 тыс. кадров, а за все время ее работы - 300 тыс. кадров. После этого камера была демонтирована и возвращена в лабораторию.

Просмотр снимков по согласованным инструкциям ведется в 16 лабораториях 8 стран - участниц ОИЯИ. Просмотрено около 100 тыс. кадров, измерено 10 тыс. следов событий, вызванных  $\gamma$ -квантами, и около 2 тыс. звезд. Были определены вероятность образования событий в зависимости от числа вторичных лучей в звезде /рис. 9/, средние значения величин, характеризующих образование  $\pi^+$ -мезонов,  $\pi^-$ -мезонов и гамма-квантов в  $\pi^-p$

Средние характеристики $\pi N - 40 \text{ Гэв/с}$				
		$\pi^-p$	$\pi^-n$	
$\pi^-$	$\langle P_1 \rangle \text{ Мэб}$ $0 \div 1500$	$362 \pm 5 \text{ (Мэб)}$	$351 \pm 7 \text{ (Мэб)}$	Число частиц назад на 1000 звезд в $\pi^-p$
	$\langle P_{II}^* \rangle \text{ Мэб}$ $-2500 \div +2500$	$200 \pm 12 \text{ (Мэб)}$	$265 \pm 22 \text{ (Мэб)}$	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ $-1.0 \div +1.0$	$0.236 \pm 0.02$	$0.280 \pm 0.020$	
$\pi^+$	$\langle P_1 \rangle \text{ Мэб}$ $0 \div 1500$	$368 \pm 5 \text{ (Мэб)}$	$369 \pm 9 \text{ (Мэб)}$	$48 \pm 7$
	$\langle P_{II}^* \rangle \text{ Мэб}$ $-2500 \div +2500$	$-36 \pm 12 \text{ (Мэб)}$	$162 \pm 25 \text{ (Мэб)}$	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ $-1.0 \div +1.0$	$0.001 \pm 0.013$	$0.186 \pm 0.025$	
$\gamma$	$\langle P_1 \rangle \text{ Мэб}$ $0 \div 1500$	$168 \pm 3 \text{ (Мэб)}$	$164 \pm 6 \text{ (Мэб)}$	
	$\langle P_{II}^* \rangle \text{ Мэб}$ $-2500 \div +2500$	$25 \pm 8 \text{ (Мэб)}$	$53 \pm 18 \text{ (Мэб)}$	
	$\langle \cos \theta^* \rangle$ $-1.0 \div +1.0$	$0.057 \pm 0.015$	$0.129 \pm 0.024$	
$\pi^0$		$\leq 50 \pm 13$ принято, что $\langle n_{\pi^0} \rangle = 2.32$		

10. Таблица средних величин, характеризующих образование  $\pi^+$ -,  $\pi^-$ -мезонов и гамма-квантов в с.у.м. реакции для  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействий при 40 Гэв/с.





11. Зависимость  $\frac{1}{\sigma_{in}} \cdot \frac{d\sigma}{dy^*}$  от  $y^*$  для  $\gamma$ -квантов в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействиях.

и  $\pi^-n$ -взаимодействиях /рис. 10/, а также некоторые характеристики инклюзивных реакций

$$\pi^-p \rightarrow \pi^\pm + \dots, \pi^-n \rightarrow \pi^\pm + \dots, \pi^-p \rightarrow \gamma + \dots$$

Сравнение полученных данных об инклюзивных реакциях с результатами других экспериментов указывает на проявление масштабной инвариантности в  $\pi^-N$ -взаимодействиях при импульсе  $40 \text{ Гэв/с}$  в центральной области ( $y^* \sim 0$ ) /рис. 11/.

◇ **Взаимодействие отрицательных пионов с протонами** при импульсе  $5 \text{ Гэв/с}$  исследуется с помощью однометровой водородной пузырьковой камеры на синхрофазотроне ЛВЭ. Получены следующие физические результаты.

**Двухлучевые события.** На статистике около 2 тыс. событий  $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$  измерены сечения рождения резонансов и определены элементы матрицы плотности

REACTION	RESONANCE	MASS MeV	WIDTH MeV	FRACTION %	CROSS SECTION in mb
$\pi^-p \rightarrow \rho\pi^+2\pi^-$	$\Delta^{++}(1236)$	$1207 \pm 3$	$83 \pm 6$	$27 \pm 2$	$0.52 \pm 0.04$
	$\rho^0$	$775 \pm 4$	$121 \pm 10$	$40 \pm 3$	$0.76 \pm 0.06$
$\pi^-p \rightarrow \rho\pi^+2\pi^-\pi^+$	$\Delta^{++}(1236)$	$1207 \pm 6$	$123 \pm 19$	$18 \pm 2$	$0.35 \pm 0.04$
	$\rho^0$	$778 \pm 7$	$131 \pm 20$	$22 \pm 3$	$0.43 \pm 0.06$
	$\rho^-$	$772 \pm 7$	$120 \pm 21$	$19 \pm 3$	$0.37 \pm 0.06$
	$\omega^0$	$786 \pm 2$	$38 \pm 3$	$21 \pm 3$	$0.41 \pm 0.06$
	$\eta^0$	$556 \pm 4$	$5 \pm 29$	$1.5 \pm 0.5$	$0.02 \pm 0.009$
$\pi^-p \rightarrow n2\pi^+2\pi^-$	$\Delta^{*+}(1236)$	$1232 \pm 5$	$56 \pm 14$	$16 \pm 3$	$0.176 \pm 0.035$
	$\rho^+$	$758 \pm 7$	$113 \pm 20$	$40 \pm 4$	$0.44 \pm 0.07$

12. Таблица сечений образования резонансов в 4-лучевых  $\pi^-p$ -взаимодействиях при  $5,0 \text{ Гэв/с}$ .

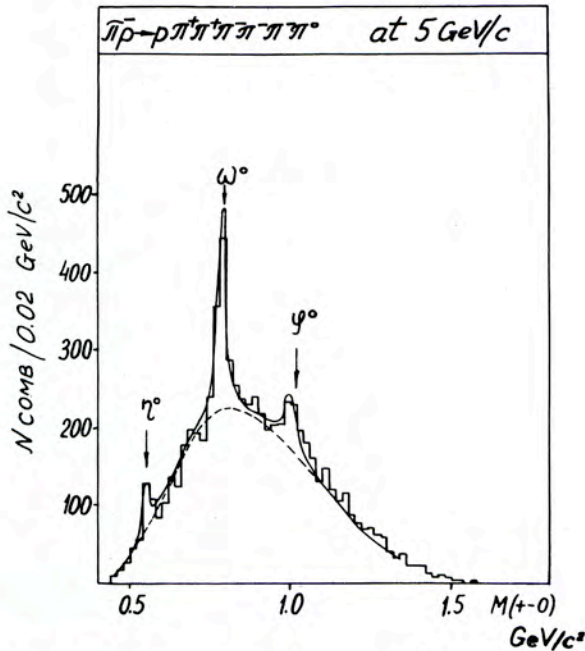
$\rho_{ij}$ . Их значения показывают, что образование ( $n\pi^+\pi^-$ ) нельзя объяснить чистым однопионным обменом. Проводится обработка треков этих событий с целью изучения  $\rho\omega$ -интерференции.

**Четырехлучевые события.** На статистике около 15 тыс. событий определены сечения каналов реакций и рождения некоторых резонансов /рис. 12/. Для этих событий выполнен анализ по методу Ван Хофа. Работа ведется в сотрудничестве с лабораториями стран-участниц ОИЯИ: ГДР, МНР, СРР, ЧССР.

**Шестилучевые события.** Измерены сечения каналов реакций и сечения образования некоторых резонансов. В канале, где кроме шести заряженных частиц образуется еще один нейтральный пион, обнаружен избыток комбинации, соответствующий  $\phi$ -мезону / $M = 1019 \text{ Мэв}$ / /рис. 13/. Установлено также, что среди образованных  $\omega_0$ -мезонов некоторая их часть летит назад в с.ц.м. реакции. Проводится дальнейшее изучение шестилучевых событий в сотрудничестве с ИФВЭ /Цойтен, ГДР/.

◇ **Взаимодействие дейтронов с протонами** при импульсе  $3,3 \text{ Гэв/с}$  изучается с помощью однометровой водородной пу-





13. Распределение  $M(\pi^+\pi^-\pi^0)$  в 6-лучевых  $\pi^-p$ -взаимодействиях при импульсе 5,0 Гэв/с.

зырьковой камеры, облучаемой в пучке сепарированных дейтронов на синхрофазотроне ЛВЭ. В 1972 году в сеансах облучения камеры получено 133 тыс. рабочих фотографий в пучке дейтронов 3,3 Гэв/с. Ведется обработка около 20 тыс. событий.

Предложенная редакция эксперимента, когда дейтрон падает на протон ( $dp$ ), имеет преимущества перед классическим ( $pd$ ) -вариантом, что связано с хорошими условиями выделения протонов-спектаторов и с тем, что протон-мишень до взаимодействия покоится, а это позволяет восстановить кинематику  $dp$ -столкновения.

Получены следующие физические результаты по наиболее статистически обеспеченному каналу  $dp \rightarrow ppn$ .

а/ При сопоставлении в с.ц.м. дейтрона импульсов нуклонов и их  $\cos \theta^*$  хорошо выделяется изотропная часть при малых импульсах, соответствующая нуклонам-спектаторам, и ход квазиупругого рассеяния /рис. 14/.

б/ Оценены сечения процессов:

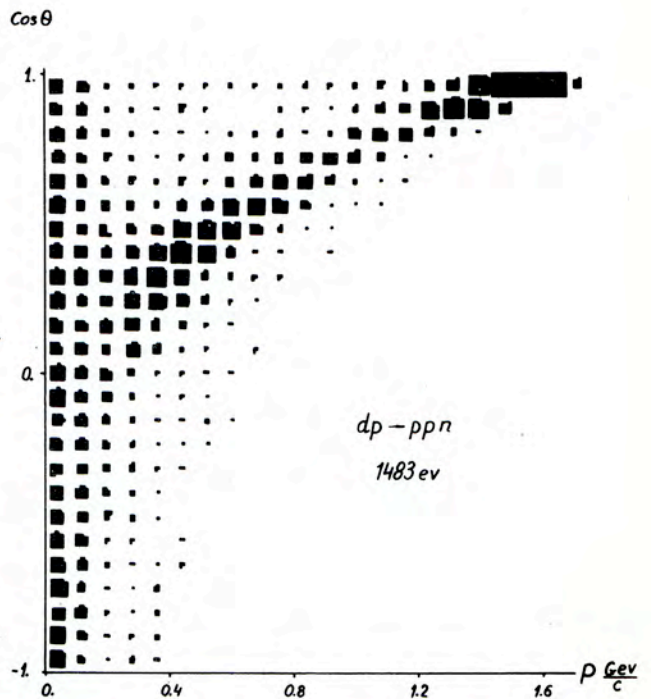
$$dp \rightarrow ppn, \quad \sigma = (40,5 \pm 1,2) \text{ мбарн},$$

$$dp \rightarrow ppp\pi^-, \quad \sigma = (2,2 \pm 0,2) \text{ мбарн},$$

$$dp \rightarrow ppn\pi^0, \quad \sigma = (12,7 \pm 0,3) \text{ мбарн},$$

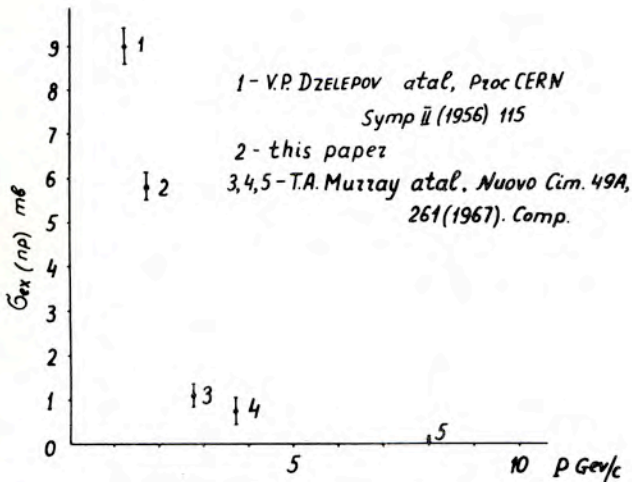
$$dp \rightarrow p\pi^+nn, \quad \sigma = (20,8 \pm 0,9) \text{ мбарн}.$$

в/ Выяснено, что из данных о  $dp$ -взаимодействии можно извлекать сведения об элементарных актах  $np$ - или  $pp$ -



14. Зависимость  $\cos \theta$  от импульсов нуклонов в с.ц.м. дейтрона для  $dp$ -взаимодействий при импульсе 3,3 Гэв/с.





15. Энергетическая зависимость сечения  $p-p$  -перезарядки.

взаимодействий. В частности, было оценено сечение  $p-p$  -перезарядки /рис. 15/:

$$\sigma_{ex}(pp) = 5,8 \pm 0,3 / \text{мбарн.}$$

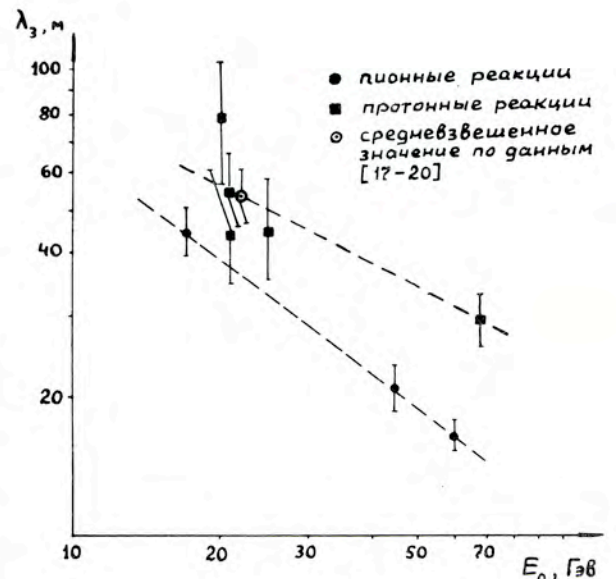
Работа проводится совместно с Польской Народной Республикой.

◇ **Взаимодействие протонов с протонами** при импульсе 35 Гэв/с. При облучении двухметровой водородной пузырьковой камеры "Людмила" протонами с импульсом 35 Гэв/с получено около 17 тыс. кадров. На части материала /2 тыс. событий/ найдено распределение по множественности, определена средняя множественность:  $\bar{n}_{зар.} = 5,01 \pm 0,07$ . Обработка данных продолжается.

◇ **Взаимодействия протонов и отрицательных пионов с нуклонами и ядрами** при энергии 40-70 Гэв. Продолжалось изучение взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов 60 Гэв и протонов 67 Гэв с помощью ядерных фотоэмульсий, облученных на ускорителе 76 Гэв/Серпухов/. Показано, что зависимость средней множественнос-

ти образования частиц для  $\pi^-p$ - и  $pp$ -взаимодействий можно описать в виде  $\langle n \rangle \sim E^{0,66}$  в с.ц.м. реакции, но кривая зависимости  $\langle n \rangle$  для  $\pi^-p$ -взаимодействий несколько сдвинута к более высоким значениям при одинаковой полной энергии в с.ц.м. Для  $\pi^-p$ -взаимодействий при 60 Гэв  $\langle n \rangle = 5,7 \pm 0,2$ , для  $pp$ -взаимодействий при 67 Гэв  $\langle n \rangle = 5,0 \pm 0,2$ .

Впервые установлено /в отличие от теоретических моделей Янга и др./, что парциальные сечения не достигают насыщения, а с ростом энергии проходят через максимум и убывают. При исследовании когерентной генерации пионов на ядрах фотоэмульсии обнаружено существенное превышение, при равных энергиях, сечений когерентной генерации  $\pi^-$ -мезонами по сравнению с протонами /рис. 16/.



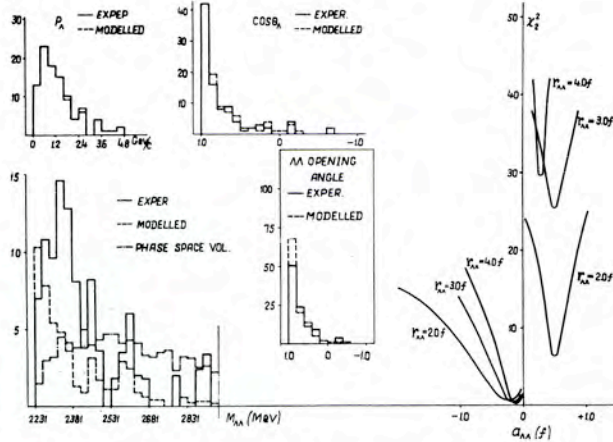
16. Энергетическая зависимость длины свободного пробега для трехлучевых когерентных событий на ядрах фотоэмульсии.



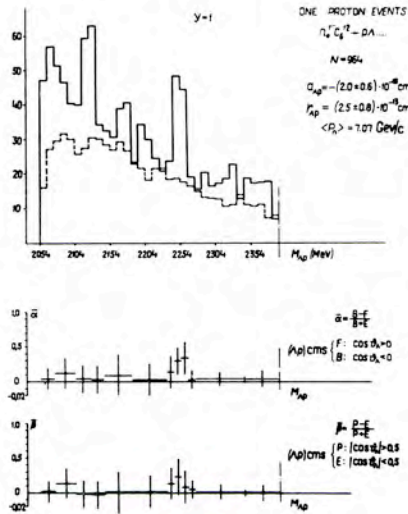
Получено указание на процесс много-частичных взаимодействий, когда несколько вторичных частиц, рожденных в первичном столкновении  $\pi^-$ -мезона 60 Гэв с ядром, коллективно взаимодействуют с нуклонами этого ядра. Выяснено, что под действием протонов 69 Гэв с вероятностью  $3,8 \pm 0,7\%$  происходит полный распад ядер Ag и Br преимущественно на отдельные нуклоны. Среднее число частиц /помимо рожденных/ равно  $30 \pm 1$ .

В 1972 году на ускорителе 76 Гэв /Серпухов/ облучено около 40 стопок фотоэмульсии в магнитном поле  $\sim 220$  кГс пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 Гэв/с.

♦ Исследование резонансов в двух-и многобарионных системах дало следующие физические результаты:  
а/( $\Lambda\Lambda$ ) -система /53 события/. В спектре эффективных масс вблизи суммы масс покоя двух  $\Lambda$ -гиперонов имеется концентрация событий, которая может быть объяснена взаимодействием ( $\Lambda\Lambda$ ) в конечном состоянии. Оценка параметров



17. Распределение эффективных масс ( $\Lambda\Lambda$ ).



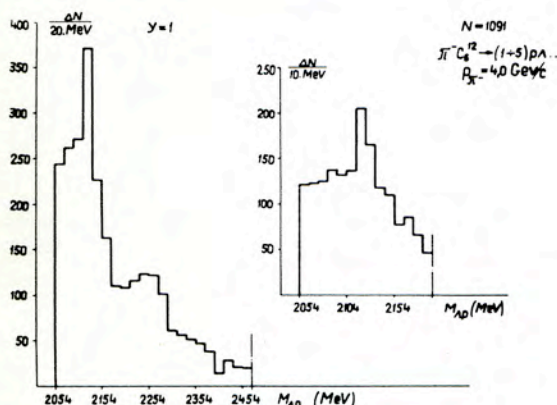
18. Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ) из нейтронной экспозиции /964 события с одним протоном и  $\Lambda$ -гипероном/.

рассеяния ( $\Lambda\Lambda$ ) при низких энергиях согласуется с данными по двойным гиперфрагментам /рис. 17/. Особенность в спектре масс при  $\sim 2370$  Мэв, вероятнее всего, вызвана резонансом с параметрами  $M = /2365,3 \pm 9,6 / \text{ Мэв}$ ,  $\Gamma = /47,2 \pm 15,1 / \text{ Мэв}$ .

б/( $\Lambda p$ ) -система /1818 событий в  $n\pi$ -взаимодействиях, 1091 событие в  $\pi\pi$ -взаимодействиях/. Пик при массе 2058 Мэв вызван взаимодействием ( $\Lambda p$ ) в конечном состоянии / рис. 18/. В рамках теории Ватсона, в предположении  $a_S = a_t$  и  $r_S = r_t$ , параметры рассеяния ( $\Lambda p$ ) при низких энергиях имеют следующие значения:  $a_{\Lambda p} = -/2,0 \pm 0,6 / \cdot 10^{-13} \text{ см}$ ,  $r_{\Lambda p} = /2,5 \pm 0,8 / \cdot 10^{-13} \text{ см}$ , что находится в согласии с результатами опытов по упругому рассеянию ( $\Lambda p$ ).

Пик при массе  $\sim 2127$  Мэв может быть вызван взаимодействием ( $\Sigma N$ ) в конечном состоянии с последующей конверсией  $\Sigma N \rightarrow \Lambda p$  или резонансом ( $\Lambda p$ ) с па-





19. Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ) при облучении пропановой камеры пионами.

раметрами  $M = /2125,2 \pm 2,5/ \text{ Мэв}$ ,  $\Gamma = /20,6 \pm 5,2/ \text{ Мэв}$ . Не исключено, что пик при 2127 Мэв вызван обеими этими причинами.

Пик при  $\sim 2252 \text{ Мэв}$ , согласно анализу, вызван резонансом ( $\Lambda p$ ) с параметрами  $M = /2251,4 \pm 3,9/ \text{ Мэв}$ ,  $\Gamma = /21,1 \pm 5,4/ \text{ Мэв}$ .

Распределение эффективных масс ( $\Lambda p$ ), полученное в пионной экспозиции /рис. 19/, качественно согласуется с распределением масс ( $\Lambda p$ ) из нейтронной экспозиции /рис. 18/.

В распределении эффективных масс систем ( $\Lambda p p$ ) и ( $K^0 p$ ) значимых особенностей не обнаружено.

Для систем (2p), (3p), (4p), (5p) и (6p) /12500 событий/ при величине интервала гистограммы  $\geq 1,0 \text{ Мэв}$  значимых особенностей не обнаружено.

Если в этих системах отсутствуют резонансы с ширинами  $\Gamma < 1,0 \text{ Мэв}$ , то возможно, что необходимым, но недостаточным условием существования адронных резонансов является неравенство по гиперзаряду  $Y \leq 1$ .

## Электромагнитная структура элементарных частиц

◇ Для определения электромагнитного размера пиона продолжается обработка материала, полученного ранее в эксперименте по  $\pi e$ -рассеянию при импульсе пионов 50 Гэв/с на ускорителе 76 Гэв /Серпухов/ с помощью бесфильмового искрового спектрометра на линии с ЭВМ. Около 1,8 млн. событий пропущено через геометрические и кинематические программы. Определена эффективность регистрации и нахождения  $\pi e$ -события. Обработка экспериментального материала проводится в сотрудничестве с американскими физиками.

◇ С целью изучения электромагнитных свойств  $K^0$ -мезонов произведено облучение однометровой стримерной камеры СКМ-100 в пучке  $K^0$ -мезонов синхрофазотрона. Сделано свыше 150 тыс. снимков. На них найдено около 20 тыс. распадов  $K^0$ -мезонов, среди которых - около 100 редких распадов  $K^0$ -мезонов с испусканием пары Далитца. Ведется обработка данных с целью определения верхней границы распада  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ . Получены предварительные результаты.

## Релятивистская ядерная физика

◇ Проведено уточнение анализа образования пионов с помощью ядерного кумулятивного эффекта, обнаруженного ранее на синхрофазотроне при столкновении релятивистских дейтронов с импульсами 6-10 Гэв/с с ядрами меди. Обнаружено, что отношение сечения рождения мезонов ядрами дейтерия к сечению рождения пионов нуклонами при равных энерговыведениях не зависит ни от отношения



импульса пиона к максимально возможному по кинематике, ни от энергии первичных дейтронов и равно 0,06. Сама величина отношения и ее энергетическая зависимость не могут быть объяснены ферми-движением.

◇ Исследование взаимодействий дейтронов и альфа-частиц с ядрами фотоэмульсии. Для дейтронов с импульсом 2,43 Гэв/с на среднем ядре фотоэмульсии определено:

полное сечение

$$\text{взаимодействия} \quad \sigma_t = 1425 \pm 110 \text{ мбарн,}$$

$$\text{неупругое сечение} \quad \sigma_{in} = 630 \pm 15 \text{ мбарн,}$$

$$\text{упругое сечение} \quad \sigma_{el} = 465 \pm 70 \text{ мбарн,}$$

$$\text{сечение стриппинга} \quad \sigma_S = 330 \pm 80 \text{ мбарн,}$$

Для дейтронов с импульсом 9,4 Гэв/с измерено сечение стриппинга на среднем ядре фотоэмульсии /  $A=47$  /, которое оказалось равным  $\sigma_S = 253 \pm 35$  мбарн. Получена кривая дифференциальных сечений стриппинга.

### Теоретические исследования

В исследованиях интерференционных явлений в физике элементарных частиц завершена разработка нового подхода к проблеме тождественности. Выполнялся анализ импульсно-энергетических корреляций тождественных частиц, имеющий целью развитие полученных ранее соотношений и их обобщение на случай движущихся источников.

Разработана теория нового типа ограничений на амплитуду рассеяния, вытекающих из требования релятивистской

макропричинности. Изучались новые методы моделирования реакций при высоких энергиях. Предложен метод восстановления импульсов  $\pi^0$ -мезонов по спектрам одиночных гамма-квантов.

## Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

◇ Для изучения свойств  $K$ -мезонов создана и прошла стендовые испытания двухметровая стримерная камера СКМ-200 с рабочим объемом  $200 \times 100 \times 60$  см<sup>3</sup>. При исследовании установки в разных режимах получено около 20 тыс. снимков следов космических частиц. Камера установлена в пучке медленного вывода частиц из синхрофазотрона, и с ее помощью зарегистрированы первые следы частиц в магнитном поле камеры.

◇ Для исследования редких процессов на синхрофазотроне построена стримерная камера с рабочей областью  $120 \times 80 \times 46$  см<sup>3</sup> с внутренней жидководородной мишенью, помещенная в магнитное поле /установка "Резонанс"/. При пробном запуске установки получены снимки от частиц космического излучения. Проводится усовершенствование частей установки.

◇ Усовершенствован ряд узлов установки с двухметровой водородной пузырьковой камерой "Людмила". Совместно с сотрудниками ИФВЭ /Серпухов/ проведен пробный запуск канала с сепарированным пучком антипротонов на эту камеру.

На однометровой водородной пузырьковой камере осуществлен режим "два расширения за цикл работы ускорителя".



◇ *Завершен перевод системы блоков быстрой электроники в общую систему "КАМАК-Вишня". Начата разработка блоков быстрой электроники на интегральных схемах в системе КАМАК. Создан быстрый цифровой универсальный процессор для отбора событий рассеяния в физическом эксперименте. Ряд блоков быстрой электроники передан для производства в ЦЭМ.*

◇ *Развитие вычислительной техники в лаборатории.*

а/ Разработан набор из 12 основных блоков системы цифровой электроники в стандарте КАМАК для связи устройств физического эксперимента с ЭВМ /БЭСМ-4, НР2116В, ТРА/: индикатор десятичный ИНД 521, блок сопряжения с печатью типа БЗ-15 БСП-541, блок сопряжения с перфоратором типа ПЛ150/ пл. 80 БСП-542, контроллер печати КП-641 и другие.

б/ Созданы системы для вывода информации из установки "Фотон" в объеме четырех крейтов КАМАК, для контроля медленного вывода пучка из ускорителя - в объеме 1 крейта и т.д.

в/ Проведена модернизация ЭВМ БЭСМ-4. Совместно с сотрудниками Лаборатории вычислительной техники и автоматизации установлена фортранная станция для связи с ЭВМ БЭСМ-6.

◇ *Искровые и пропорциональные камеры.*

а/ Создана и испытана в условиях физического эксперимента двухкоординатная разборная пропорциональная камера размером  $0,6 \times 0,3 \text{ м}^2$ .

Эксплуатируется система индикации пучка частиц на основе двух пропорциональных камер. Разработан набор электронных блоков для пучковых пропорциональных камер.

б/ В Центральных экспериментальных мастерских налажено производство 14 типов блоков в системе КАМАК на инте-

гральных схемах для систем регистрации информации с проволочных искровых камер. Издан проспект с описанием параметров разработанных блоков.

◇ *Криогенная техника.* Велись разработки, монтаж, наладочные работы, эксплуатация криогенных частей физических экспериментальных установок.

Проводились работы со сверхпроводящими установками, созданными в лаборатории. Совместно с сотрудниками ОНМУ и ЦЭМа производились сборка, наладка, испытание узлов "кольцетрона".

Ожижено газов: гелия - 25 500 л, водорода - 34 000 л.

◇ *Химическая обработка фотопленок и ядерных фотоэмульсий.* В лаборатории запущена в эксплуатацию новая высокопроизводительная проявочная машина и комплекс оборудования, обеспечивающий ее работу.

С пузырьковых, стримерных и искровых камер ОИЯИ обработано 274 тыс. м пленки шириной от 35 мм до 80 мм.

Проводились испытания новых фотопленок.

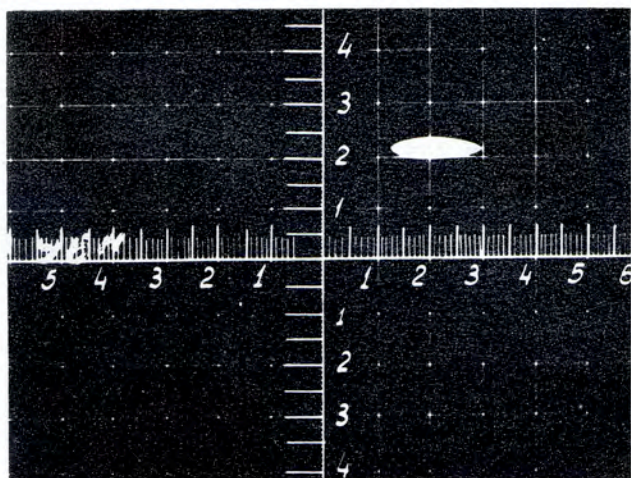
Проявлена фотоэмульсионная камера "Интеркосмос" /50 л эмульсии/. Для ряда институтов СССР обработано 17 камер /6л эмульсии/, в том числе 2 камеры, облученные протонами 200 Гэв на ускорителе в Батавии.

Часть камер, облученных протонами 70 Гэв, отправлена в Ханой /ДРВ/, Гаухати /Индия/ и в институты СССР.

### Усовершенствование синхрофазотрона

Осуществлен медленный вывод ускоренного пучка протонов из синхрофазотрона. Для этого был проведен монтаж и наладка системы резонансного возбуждения радиальных бетатронных колебаний пучка, внутри камеры ускорителя и вне





20. Сечение пучка при медленном выводе частиц из синхрофазотрона ЛВЭ.

ее установлена соответствующая аппаратура. С помощью резонанса  $2/3$  на раскочке внутреннего пучка синхрофазотрона произведен за время  $400$  мсек с эффективностью больше  $90\%$  медленный вывод протонов из ускорителя в измерительный павильон. Смонтирован канал

внешней транспортировки выведенного пучка, и установлена ловушка в конце измерительного павильона. На расстоянии  $30$  м от ускорителя пучок сфокусирован в пятно размером  $4$  мм  $\times$   $18$  мм /рис. 20/. . Проводятся работы по усовершенствованию узлов системы медленного вывода и подготовке экспериментов на выведенном пучке. Для диагностики выведенного пучка и управления процессом медленного вывода создается аппаратура.

#### Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя -  $4091$  час.

Ускоритель работал:

- а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц  $1628$  час со средней интенсивностью  $5,5 \cdot 10^{10}$  ускоренных протонов или  $1,5 \cdot 10^{10}$  ускоренных дейтронов за цикл ускорения,
- б/ на совершенствование систем ускорителя  $1819$  час.