

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ46а

А-391

4/VIII-75

1 - 8948

2780/2-75

С.А.Акименко, Н.С.Амаглобели, А.Ц.Аматуни,
В.И.Белосов, А.М.Блик, Ю.А.Будагов,
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, В.П.Джелепов,
Ю.Дубински, В.М.Кутьин, Ю.Ф.Ломакин,
Э.М.Матевосян, Ю.Д.Прокошкин, А.И.Ронжин,
В.И.Рыкалин, Р.Г.Салуквадзе, В.И.Соляник,
В.Б.Флягин, Л.Шандор

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЙЯНИЯ
С ОБМЕНОМ ГИПЕРЗАРЯДОМ
(предложение эксперимента)

1975

С.А.Акименко,¹ Н.С.Амаглобели,² А.Ц.Аматуни,³
В.И.Белоусов,¹ А.М.Блик,¹ Ю.А.Будагов,
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, В.П.Джелепов,
Ю.Дубински,⁴ В.М.Кутъин,¹ Ю.Ф.Ломакин,
Э.М.Матевосян,³ Ю.Д.Прокошкин,¹ А.И.Ронжин,¹
В.И.Рыкалин,¹ Р.Г.Салуквадзе,² В.И.Соляник,¹
В.Б.Флягин, Л.Шандор⁴

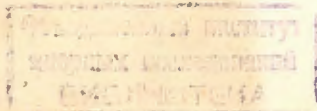
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАССЕЯНИЯ
С ОБМЕНОМ ГИПЕРЗАРЯДОМ**
(предложение эксперимента)

¹ Институт физики высоких энергий, Серпухов.

² Тбилисский государственный университет, Тбилиси.

³ Ереванский физический институт, Ереван.

⁴ Объединенный институт ядерных исследований и
Институт экспериментальной физики АН ЧССР,
Университет, Кошице.



Акименко С.А., Амаглобели Н.С., Амацуни А.Ц.,
Белоусов В.И., Блик А.М., Будагов Ю.А. и др.

1-3948

Исследование процессов рассеяния с обменом гиперзарядом

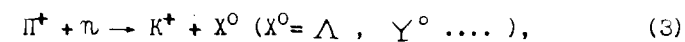
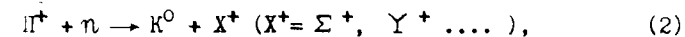
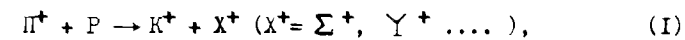
Работа является предложением нового эксперимента в ИФВЭ, нацеленным на детальное исследование реакций с обменом гиперзарядом в пучках положительных пионов и каонов с энергией до 20 ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

ВВЕДЕНИЕ

Данное предложение является развитием реализуемой в настоящее время программы экспериментов в ИФВЭ по изучению бинарных зарядовообменных процессов рассеяния пионов и каонов /1/ и направлено на исследование гиперзарядовообменных реакций



в области энергий до 20 ГэВ.

Бинарные реакции принадлежат к числу наиболее простых процессов рассеяния частиц при высоких энергиях с точки зрения их теоретической интерпретации и поэтому служат "пробным камнем" для проверки различных модельных представлений.

Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные о реакциях рассеяния с обменом гиперзаряда весьма ограничены. Наиболее подробно изучена реакция (1), где измерения проведены в области импульсов до 14 ГэВ/с /2/. Величины сечений для реакций типа (1) быстро уменьшаются с энергией (рис.1). Дифференциальные сечения были измерены в интервале переданных импульсов $-t \lesssim 1,0(\text{ГэВ}/c^2)$.

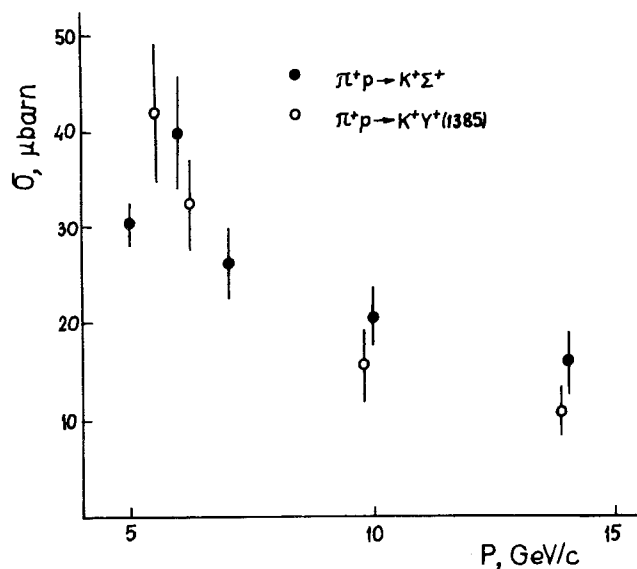


Рис.1. Зависимость от импульса налетающего π^+ -мезона сечений реакции $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ (●) и $\pi^+ p \rightarrow K^+ Y^+(1385)$ (○).

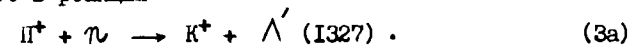
На рис.2 показаны результаты измерений для реакций



при импульсах 6, 10 и 14 Гэв/с. Статистическая точность в определении дифференциальных сечений составляет (5-10)% в области малых передач, однако систематическая погрешность значительно выше и оценивается в (20-25)%. Сведения о сечениях реакций (2) - (4) при энергиях выше 5 Гэв отсутствуют.

В рамках модели комплексных моментов в механизме реакций (1), (2) доминирует обмен в \bar{t} -канале реджеонами $K^*(890)$ и $K^*(1420)$. Анализ процессов (Ia) и (Iб) по этой модели показывает (рис.3), что эффективная траектория $\alpha(t)$, полученная в области рассеяния и экстраполированная в область резонансов, проходит заметно выше точек, соответствующих $K^*(890)$ и $K^*(1420)$. Это, возможно, свидетельствует о существенно нелинейном поведении траекторных функций $\alpha(t)$. Расширение энергетического диапазона измерений и улучшение точности измерений позволит продвинуться дальше в понимании этих вопросов.

Предлагаемая программа исследования бинарных реакций содержит в себе также поисковую часть. Интересным представляется исследование реакции (3) со значительной статистикой, что позволит прояснить вопрос о существовании бариона $\Lambda'(1327) \rightarrow \Lambda \bar{p}$, образованного в реакции



На возможность существования этого бариона указывают ряд экспериментов^{/3/} и теоретических схем^{/4/}.

Изучение спектра масс в реакции (4) может дать дополнительные сведения о существовании Z -бариона с положительной странностью, который предсказывается в ряде теоретических работ^{/5/}.

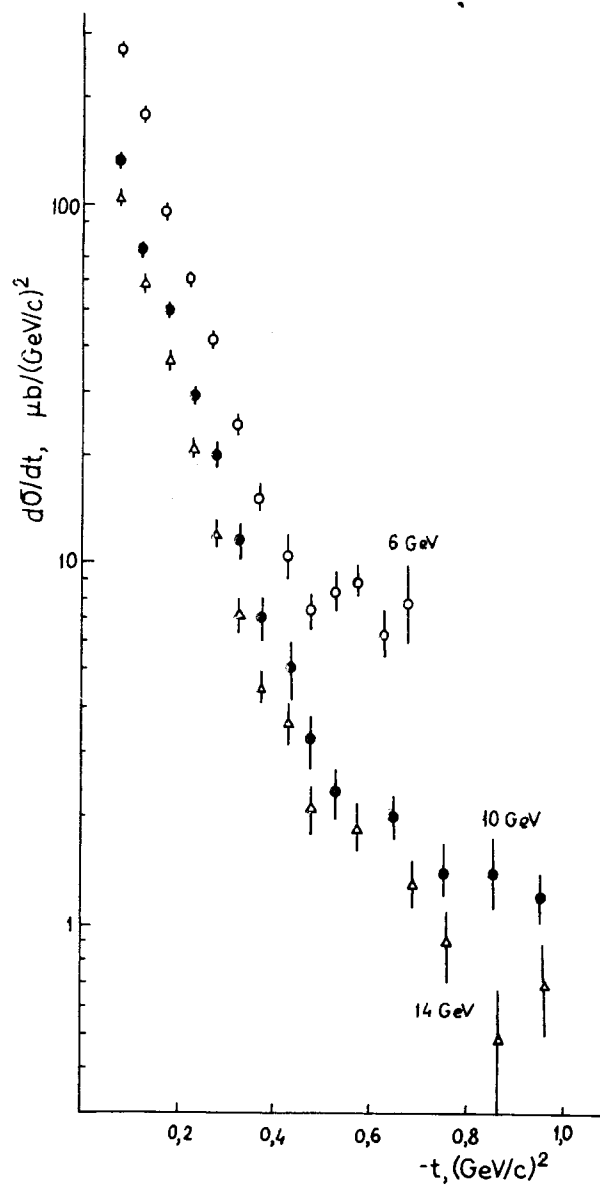


Рис.2. Дифференциальные сечения реакций (Ia) и (Iб) при энергиях налетающих π^+ -мезонов 6 ГэВ(\circ), 10 ГэВ(\bullet), 14 ГэВ(Δ).

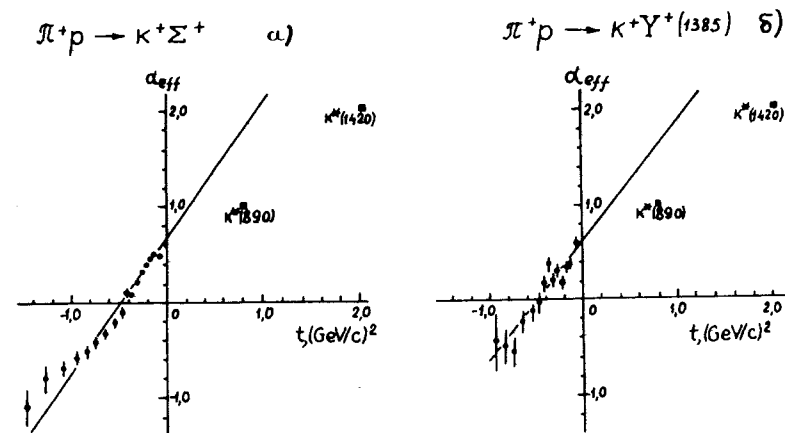


Рис.3. Зависимости $\alpha_{eff}(t)$ для реакций $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$ -(а) и $\pi^+p \rightarrow K^+Y^+(1385)$ -(б)

Результаты большого количества экспериментов по поиску барионных состояний с $S = +1$ не привели к определенному выводу, хотя наблюдаемые аномалии в ходе полных сечений $K^+ p$ - и $K^+ n$ - взаимодействий^{/6/} могли бы быть обусловлены существованием резонансов $Z(1910) \rightarrow K^+ p$ и $Z(1863) \rightarrow K^+ n$. Несмотря на разнообразие выполненных исследований^{/7/}, вопрос о существовании "Z" остается на сегодня открытым. В предлагаемой постановке опыта ожидаемая точность восстановления кинематических параметров вторичных частиц обеспечивает возможность эффективного поиска экзотических состояний методом измерения недостающей массы в реакции (4).

В настоящем эксперименте планируется расширить энергетическую область исследования реакций (1)-(4) до 20 Гэв и провести детальное изучение t -зависимости сечений в широком и неисследованном интервале переданных импульсов до $-t \geq 1$ (Гэв/с)². Для этой цели число зарегистрированных событий при каждой энергии должно составлять $\approx 10^5$.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

а) Схема эксперимента

В эксперименте планируется использовать основные элементы существующей установки МАРК для эксперимента по перезарядке каонов и пионов на нуклонах^{/1/} (рис.4,5). В нее входят мониторные счетчики (K_i), счетчики частиц пучка (S_i), черенковские счетчики для выделения частиц по массе (C_i), искровые камеры (ИШК_{I-4}) размером 256 x 256 мм² и годоскопы ($\Gamma_{I,2}$), жидководородная (дейтериевая) мишень (Т), охранная система годоскопического типа вокруг мишени для регистрации заряженных частиц и гамма-квантов (ОС), охранные счетчики типа сэндвич (Sd_i), искровые камеры (ИШК_{5,6}) размером 512 x 512 мм² и 1024 x 1024 мм² и годоскопы

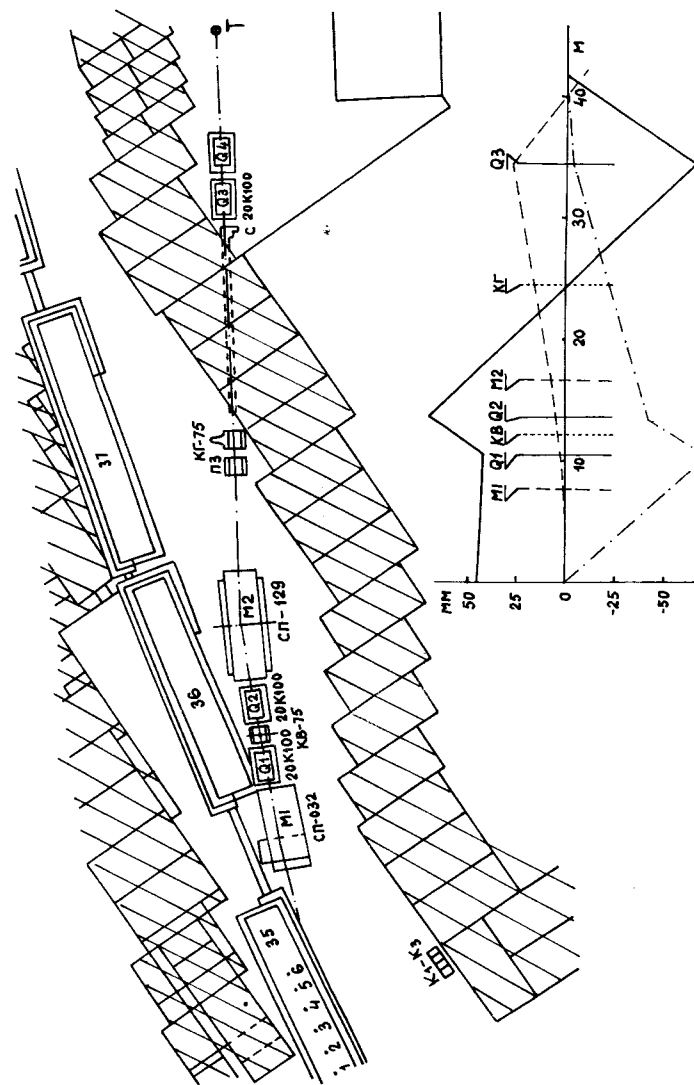


Рис.4. Схема расположения экспериментального оборудования головной части канала № 18 ИФВЭ.

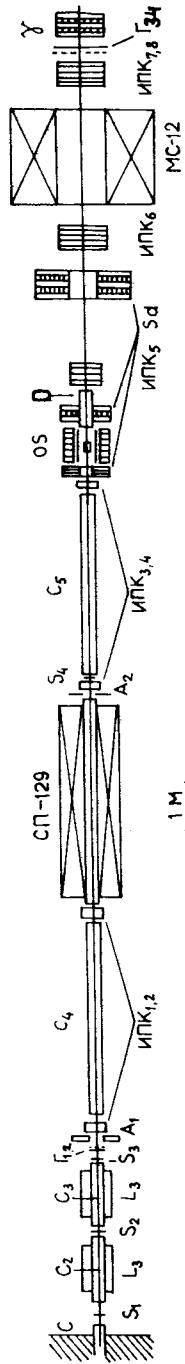


Рис. 5. Схема расположения экспериментального оборудования спектрометрической части установки.

(Г_{3,4}) для регистрации продуктов взаимодействия, ливневый спектрометр, регистрирующий вылетевшие в направлении вперед гамма-кванты высокой энергии.

Характерная интенсивность в эксперименте составит 10^6 част./цикл. При этой интенсивности, как показал опыт работы с установкой МАРК, число искр в камере составляет 5-6 и эффективность регистрации трека близка к 100%. Высокая эффективность регистрации была получена путем использования большого числа камер и тщательного подбора режима их работы.

Экспериментальная установка дополняется двумя спектрометрами. Для уточнения импульса частиц в пучке создается магнитный спектрометр на основе четырехметрового магнита СП-129 и системы ИПК_{I-4} из 16 искровых камер размером 256 x 256 мм². Разрешение спектрометра составит $\Delta p/p \approx 0,3\%$. Продукты взаимодействия регистрируются широкоапертурным магнитным спектрометром с магнитом МС-12 и искровыми камерами ИПК₅₋₈ (дополнительно устанавливаются камеры ИПК_{7,8} размером 1024 x 1024 мм² - 16 штук). Магнит МС-12 имеет апертуру 100 x 60 см², длину 200 см и магнитное поле 1,2 Т. Магнит устанавливается на катках, что позволит перекрыть диапазон углов вылета вторичных частиц до 30°, перемещая его поперек пучка. При фиксированном положении магнита угол захвата составляет $\approx 5^\circ$.

Дифференциально-пороговый счетчик Д диаметром 30 см, расположенный после мишени, имеет длину 1 м и разрешение по скорости $\Delta \beta/\beta \approx 5 \cdot 10^{-5}$; уровень фона от быстрых Π -мезонов составит 10^{-4} ; толщина вещества по пучку ≈ 1 г/см².

Установка запускается сигналом совпадений от сцинтилляционных и черенковских счетчиков $S_i C_i$, счетчика Д и годоскопа

$\Gamma_{3,4}$ ^{ж)}. Пионы, возникающие в результате взаимодействия и имеющие ту же скорость, что и К-мезоны в реакциях (1)-(3), очищаются спектрометром и не попадают в $\Gamma_{3,4}$. Для выделения реакции (4) счетчик Д настраивается на регистрацию пионов с тем же импульсом, что и каон. Для улучшения качества триггера вводится требование прохождения только одной частицы через годоскопы $\Gamma_{3,4}$, что позволит уменьшить фон от неупругих событий.

Регистрирующая электроника будет собрана из элементов системы СУММА/8/. Она включает в себя систему запуска из пучковых сцинтилляционных и черенковских счетчиков, годоскопов Γ_{1-4} , элементов охранной системы OS_i, OC, Sd_i . Информация с проволочных искровых камер и гамма-спектрометра снимается при помощи специальных систем /9,10/ и вводится в ЭВМ (НР-2100, ЕС-1010).

В течение цикла ускорителя будет осуществляться прием 15-20 событий (~ 10 тыс. слов) и запись информации на магнитную ленту. Окончательная обработка планируется на базовых ЭВМ ИФВЭ и ОИЯИ.

б) Характеристики магнитного спектрометра

Магнитный спектрометр предназначен для измерения импульсов заряженных частиц, образованных в мишени. Блоки камер ИПК₅ и ИПК₆ определяют направление частицы до магнита, блоки ИПК₇ и ИПК₈ - после магнита.

Используя данные о координатной точности ИПК и учитывая рассеяние в веществе, можно получить точность в измерении импульса частиц, - при импульсе 10 Гэв ожидаемое разрешение составит $\approx 0,5\%$.

^{ж)} Для улучшения чистоты запуска может потребоваться дополнительный счетчик типа Д, расположенный за магнитом и имеющий апертуру около 0,5 м. Счетчик требуемых характеристик в случае необходимости будет создан силами ИФВЭ и ОИЯИ.

Исходя из указанных выше характеристик спектрометра, мы рассчитали погрешности измерений передаваемых импульсов ($-t$) и недостающих масс (ММ). Ожидаемое разрешение по массе в спектрах недостающих масс составит 50 Мэв/с², а по переданному импульсу $-10^{-3}(\text{Гэв/с})^2$. Такое разрешение характерно для лучших современных установок.

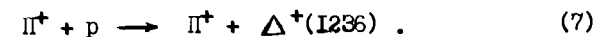
Для разделения реакций типа $\Pi^+ + p \rightarrow K^+ + Y^+$ разрешающей способности установки вполне достаточно (рис.6). Барионы же, образующиеся в реакциях типа $\Pi^+ + n \rightarrow K^+ + Y^0$, лежат довольно близко по массам, так что разделение некоторых реакций только по недостающим массам становится затруднительным, и для этих целей необходимо применять дополнительные критерии отбора, используя в частности, детекторы заряженных частиц и γ -квантов, окружающие мишень.

3. ОЦЕНКИ УРОВНЯ ФОНА

Основной фон для реакций (1)-(3) связан с взаимодействиями Π^+ -мезонов с мишенью, которые имеют кинематику, схожую с кинематикой исследуемой реакции. Например, при изучении реакции (1) основными фоновыми реакциями будут



и



В обоих случаях при неверной интерпретации вторичного Π^+ -мезона появятся ложные срабатывания системы. Причем, если при упругом рассеянии Π -мезонов высокая разрешающая способность магнитного спектрометра позволит отделить такие события по величинам недостающих масс, то во втором случае произойдет перекрытие пиков Y^+ и Σ^+ . Таким образом, выделение изучаемой реакции почти целиком происходит за счет способности черенковского счетчика различать Π^+ - и K^+ -мезоны. Поскольку, однако, сечение реакции (7)

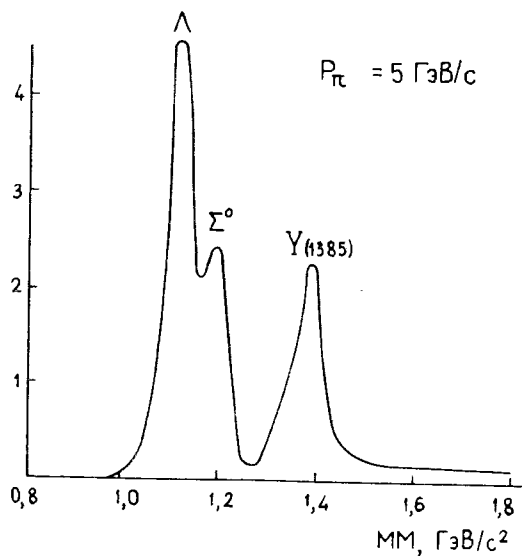
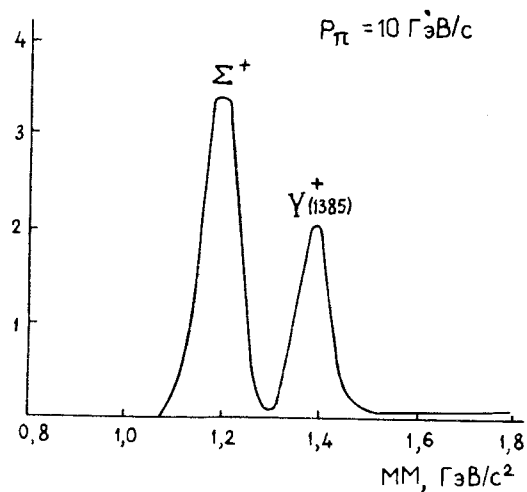


Рис.6. Расчитанные распределения недостающих масс к K^+ -мезону:
 сверху - в реакции $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ при импульсе налетающего π^+ мезона 10 ГэВ/с;
 снизу - в реакции $\pi^+ n \rightarrow K^+ \Upsilon^0$ при импульсе налетающего π^+ мезона 5 ГэВ/с.

всего лишь в несколько раз больше сечения исследуемой реакции, то требуемый коэффициент отбора черенковского счетчика должен быть $\sim 10^{-4}$ для того, чтобы фон находился на уровне 1%. Получение такого коэффициента отбора с указанными характеристиками счетчика Д возможно и планируется достичь на первом этапе работы.

4. ОЦЕНКА СКОРОСТИ СЧЕТА И НЕОБХОДИМОГО ВРЕМЕНИ УСКОРИТЕЛЯ

В настоящее время данные о реакции (I) ограничены и имеют систематическую погрешность $\approx (20-25)\%$. Мы планируем провести измерения при импульсах 5, 8, 12, 16 и 20 ГэВ/с, обеспечив статистику $\approx 10^5$ событий. Это даст возможность продвинуться в область передач $-t > 1$ (ГэВ/с)². В области малых передач точность измерений дифференциальных сечений составит (3-5)% с учетом систематических погрешностей.

Скорость набора статистики при потоке частиц в канал $\approx 10^6$ част./сек. соответствует ~ 1 соб./мкЗарн. С учетом времени, которое потребуется на отладку аппаратуры и для проведения ряда контрольных опытов, мы оцениваем время, необходимое для эксперимента в 1976-1978 гг в 300 смен. Половина этого времени может быть использована в режиме работы в "тени".

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И.Белоусов, А.М.Блик, В.Г.Васильченко и др.
Препринт ИВЭ СЭО, 73-90, Серпухов, 1973.
2. A. Bachian et al. Phys. Rev. D4, 2667, 1971.
S.M. Pruss et al. Phys. Rev. Lett., 23, 189 (1969).
3. Н.П.Богачев, Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов и др.
Письма в ЖЭТФ, т.10, 169, 1969.
4. I. Schwinger. Phys. Rev. Lett., 12, 237, 1965.
В.И.Огиевецкий. Препринт ОИЯИ P2-5230, Дубна, 1970.
5. G. Goldhaber. UCRL-19832, 1970.
6. R.L. Cool et al., Phys. Rev. Lett., 17, 102, 1966.
7. J.D. Dowell. Proc. of the XVI Int. Conf. High Energy Phys.
Chicago, Batavia, 1972. Rev. Part. Prop., Phys.Lett. 50B, No.1,
1974.
8. А.Ф.Дунайцев, В.Г.Рыбаков, Ю.Б.Бушнин, А.А.Денисенко.
Препринт ИВЭ 74-123, 74-124, 1974.
9. Ю.Д.Карпеков и др. Препринт ИВЭ 72-118, 1972.
10. Н.К.Вишневский и др. Труды Международной конференции по
аппаратуре в физике высоких энергий, ОИЯИ, I3-5235, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1975г.