

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

17.05.85

Մ.Մ.ԱՏԱՏՄՐՅԱՆ, Ա.Ա.ԲԵԼՅԵՎ, Դ.Ա.ՎԱՐՏԱՔԵՏՅԱՆ, Վ.Ա.ԳԵՏՄԱՆ,
Ա.Լ.ԳՕԼԵՆԴՈՒԽԻՆ, Ա.Կ.ԴԵՐԿԱՉ, Ա.Ս.ԿԱԶԱՐՅԱՆ, Ի.Մ.ԿԱՐՈՒՄՅԱՆ,
Ա.Ա.ԼՈՒԽԱՆԻՆ, Զ.Վ.ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Ա.Յ.ՆԵՓՅԱՆ, Տ.Դ.ՕԳԱՆԵՏՅԱՆ,
Ա.Լ.ՐԱԶՄՆՅԱՆ, Ա.Մ.ՏԻՐՈՒՆՅԱՆ, Ե.Ա.ՏՐՈՐՈՎ, Վ.Ի.ՏՐՈՇԵՆԿՈ,
Ա.Ր.ՍՆԱՆՅԱՆ, Վ.Ա.ՔԻՅՅԱՆ

УСТАНОВКА С ПОЛЯРИЗОВАННОЙ МИШЕНЬЮ НА ЕРЕВАНСКОМ
СИНХРОТРОНЕ

ЦНИИатоминформ

ЕРЕВАН-1985

© **Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по атомной науке
и технике (ЦНИИатоминформ) 1985г.**

М.М.АСАТУРЯН, А.А.БЕЛИВ,* Г.А.ВАРТАЩЕЯН, В.А.ГЕТЬМАН,*
А.Л.ГОЛЕНДУХИН, А.Я.ДЕРКАЧ,* А.П.КАЗАРЯН, И.М.КАРНАУХОВ,*
А.А.ЛУХАНИН,* К.В.МАНУКЯН, А.Ю.НЕВЬЯ,* С.Р.ОГАНЕСЯН,
А.А.РАЗУМНИ,* А.М.СИРУНИ, Б.А.СПОРОВ,* В.И.ТРОЦЕНКО,*
А.Р.УНАНИ, В.А.ЭКИЗЯН

УСТАНОВКА С ПОЛЯРИЗОВАННОЙ МИШЕНЬЮ НА ЕРЕВАНСКОМ
СИНХРОТРОНЕ

В настоящей работе описывается установка поляризованной протонной мишени, запущенная в ЕРФИ для экспериментов по фоторождению пионов. Приводятся эксплуатационные характеристики мишени, полученные в эксперименте по измерению T - асимметрии реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$.

Ереванский физический институт

Ереван 1985

* Харьковский физико-технический институт АН УССР

RESEARCH REPORT

A. A. APURIAN, A. A. POLYAKOV, A. Ya. BERKALOV,
V. V. LEVINEAN, V. A. GETMAN, A. L. GOLIKOVICH,
M. A. PARNYKHIN, A. A. KARABIAN, A. Ya. NEFEA,
A. A. KARANIN, M. A. KARABIAN, A. A. KARABIAN,
A. A. KARABIAN, A. A. KARABIAN, A. A. KARABIAN,
M. A. KARABIAN, A. A. KARABIAN, A. A. KARABIAN

THE POLARIZED TARGET DEVICE AT YEREVAN
SYNCHROTRON

The polarized proton target device, started at the Yerevan synchrotron for the pion photoproduction experiments is described. The target operating characteristics obtained in experiment on measuring the T-asymmetry in the reaction $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ are presented.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1985

Введение

На Ереванском синхротроне выполняется широкая программа исследований по фоторождению псевдоскалярных π , η - мезонов в энергетической области возбуждения нуклонных резонансов. До настоящего времени в ЕрФМ были выполнены измерения асимметрии сечения на линейно-поляризованном пучке фотонов Σ [1-3] и отдельные измерения поляризации нуклонов отдачи P [4]. Ввод в действие протонной поляризованной мишени (ППМ), разработанной в ХФТИ АН УССР [5], позволит расширить диапазон исследований поляризационных наблюдаемых в реакциях фоторождения пионов, в частности, выполнить эксперименты по измерению T , P , G и H наблюдаемых.

В настоящей работе описывается установка мишени поляризованных протонов, смонтированная и запущенная в ЕрФМ, приведены эксплуатационные характеристики мишени, полученные в эксперименте по измерению T - асимметрии реакции $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ на Ереванском синхротроне.

Основные узлы ППМ

Общий вид протонной поляризованной мишени, смонтированной в экспериментальном зале на канале "Гамма-2", показан на рис.1. ППМ установлена на координатной площадке с тремя степенями свободы для юстировки мишени относительно пучка фотонов.

Блок-схема установки изображена на рис.2. ППМ включает в себя сверхпроводящий магнит, криостат непрерывного потока He^3 - He^4 , СВЧ-систему для накачки поляризации, систему измерения поляризации, газовое оборудование с системами откачки He^3 и He^4 и рециркуляции He^3 .

I. Сверхпроводящая магнитная система

Сверхпроводящая магнитная система (СМС) [5] создает магнитное поле напряженностью 2,7 Тл и однородностью $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ в объеме до 50 см³. СМС состоит из двух сверхпроводящих катушек в псевдогельмгольцевой геометрии, помещенных в криостат He^4 . Запаса He^4 хватает на 24 часа работы, расход составляет 1 л в час. При данной конструкции СМС вектор магнитного поля направлен вертикально. В вакуумном кожухе СМС для ввода и вывода пучка имеются окна диаметром 27,5 мм. Регистрация продуктов реакции возможна в угловых интервалах: $24^\circ - 65^\circ$, $84^\circ - 102^\circ$, $196^\circ - 216^\circ$, $234^\circ - 276^\circ$, $295^\circ - 321^\circ$. Окна уплотняются фольгой из нержавеющей стали толщиной 100 мкм. Подробное описание СМС приведено в работе [5].

2. Источник тока сверхпроводящей магнитной системы

Для электропитания сверхпроводящей магнитной системы создан источник тока, принципиальная схема которого приведена на рис.3. Система электрообеспечения СМС включает в себя стабилизатор тока, схемы обнаружения нормальной проводимости в СМС и защиту СМС при переходе в нормальное состояние. За основу системы электрообеспечения взят стабилизатор тока до 500 А, приведенный в работе [6]. Стабилизатор тока состоит из шестифазного выпрямителя $\mathcal{D}_1 - \mathcal{D}_6$, регулятора тока $T_6 - T_{95}$, усилителя постоянного тока A_1 , $T_1 - T_3$, источника опорного напряжения и эталонного шунта $R_{эт}$.

Шестифазный выпрямитель изготовлен на основе выпрямительного агрегата ВАКР-1600. Используется понижающий силовой трансформатор мощностью 18 кВт с выходным напряжением 12 В. Выпрямитель собран на кремниевых диодах В-800 и обеспечивает выходное напряжение 18 В при токе нагрузки 1000 А.

В качестве регулятора тока применен составной эмиттерный повторитель, в выходном каскаде которого используется 90 транзисторов КТ-825, включенных параллельно. Усилитель постоянного тока A_1 выполнен на операционном усилителе типа К140УД1А, транзисторах T_2, T_3 и согласован с регулятором тока транзисторами T_4, T_5 .

Источник опорного напряжения - параметрический стабилизатор напряжения. В нем используются стабилитроны $\mathcal{D}_1 - \mathcal{D}_3$ типа

Д-6Г6Е. С целью уменьшения температурного дрейфа источник опорного напряжения помещен в пассивный термостат.

Для ввода - вывода тока в стабилизаторе используется стабилизация напряжения противоиндукции U_L на СМС. При вводе-выводе тока стабилизатор работает в режиме стабилизации напряжения U_L , а по достижении заданного тока автоматически переходит в режим стабилизации тока. Схема ввода-вывода тока выполнена на операционных усилителях A_3 , A_4 . Обычно выбирается $U_L \leq 48$.

Защита СМС при переходе в нормальное состояние осуществляется отключением СМС от стабилизатора тока и подключением к СМС внешнего резистора. Для обнаружения нормальной проводимости в СМС применена мостовая схема. Напряжение разбаланса моста, превышающее заданное значение, усиливается и опрокидывает триггер. В коллекторной цепи транзистора T_6 включено реле P_2 , управляющее цепью питания размыкателя P_1 . Схема защиты обеспечивает отключение СМС за 50 мс при напряжении разбаланса моста 50 - 100 мВ. Дополнительно в стабилизаторе используется защита по напряжению на СМС. В случае превышения напряжения выше 6 В вследствие разных причин он также отключается от стабилизатора тока.

Эталонный резистор выполнен из манганиновой ленты и помещен в активный термостат. Величина его сопротивления определяется величиной максимально используемого тока так, чтобы напряжение на нем составляло 1,5 В. Для максимального тока, равного 100 А, $R_{ЭТ} = 0,015$ Ом.

На рис.4 приведена запись относительной нестабильности напряжения на $R_{ЭТ}$ при $I \approx 100$ А. Нестабильность тока $\frac{\Delta I}{I} =$

$= \frac{\Delta U}{U} = \pm 2 \cdot 10^{-5}$. В процессе эксплуатации система электрообеспечения зарекомендовала себя как надежный прибор, обеспечивающий необходимую стабильность поля в СМС.

3. Криостат непрерывного потока $\text{He}^3 - \text{He}^4$

Для получения рабочей температуры мишени $0,4 - 0,5^{\circ} \text{K}$ и поддержания её в течение эксперимента применяется криостат непрерывного потока $\text{He}^3 - \text{He}^4$ вертикального типа, состоящий из двух ступеней - He^3 и He^4 . Для охлаждения и конденсации газообразного He^3 используется ступень He^4 . Охлаждение сконденсированного He^3 до $T = 0,5^{\circ} \text{K}$ производится откачкой паров He^3 . Схема созданного криостата приведена на рис.5

Ступень He^4 состоит из сепаратора (5), дросселя (16) и испарителя He^4 (19), соединенных теплообменником (17). Жидкий He^4 с небольшой примесью газа поступает из сосуда Дьюара по переливалке (7) в сепаратор. Пары He^4 из сепаратора откачиваются насосом РВН-20 при давлении, близком к атмосферному и используются для предварительного охлаждения He^3 в теплообменнике (6). Для поддержания в сепараторе постоянного давления служит дифференциальный сильфонный регулятор. Жидкий He^4 охлаждается в теплообменнике (17) и через дроссель поступает в испаритель, откуда он откачивается насосом ВН-4Г через трубку (15). В испарителе He^4 достигается температура $\sim 1,5^{\circ} \text{K}$. Газообразный He^3 охлаждается в теплообменниках (6), (17) и трубке, проходящей через сепаратор He^4 . Конденсируется He^3 при $T \approx 1,5^{\circ} \text{K}$ в трубке, уложенной в испарителе. Далее He^3 проходит через

теплообменник (3) и после дросселирования поступает в аппендикс (2), где охлаждает рабочее вещество (1). Откачка паров He^3 осуществляется последовательно включенными насосами 2ДВН-500 и НВЗ-20.

Теплообменники (3), (6), (17) представляют собой медные трубки, изогнутые в форме спирали и припаянные к медным перфорированным дискам, равномерно распределенным по всей длине криостата.

Аппендикс заканчивается стаканчиком, изготовленным из дюралюминия, с толщиной стенки 100 мкм в месте прохождения пучка. Подсоединение стаканчика к аппендиксу выполняется припоем ПОС-50, для чего соответствующие участки поверхности дюралюминиевого стаканчика покрыты тонким слоем меди.

Наличие шлюзового устройства (12) позволяет в течение 30 минут заменять рабочее вещество мишени без разгерметизации криостата и нарушения режима его работы.

Основные параметры криостата приведены в табл. I.

Таблица I

Минимальная температура	0,5°К
Хладопроизводительность	200 мВт
Расход жидкого He^4	2,5 л/час

4. Система измерения поляризации мишени

Определение поляризации протонов мишени основано на измерении интегральных интенсивностей сигналов ЯМР-поглощения в усло-

виях динамической накачки поляризации и в состоянии теплового равновесия

$$P = P_0 \frac{S}{S_0} (1 - \delta),$$

где P_0 - поляризация при тепловом равновесии,

S_0 - интегральная интенсивность сигнала ЯМР равновесной поляризации.

S - интегральная интенсивность усиленного сигнала ЯМР-поглощения,

δ - поправка на нелинейность Q - метра и дисперсию, определяемую расчетным образом [5].

В качестве ЯМР спектрометра применен параллельный Q - метр постоянного тока с подстройкой резонансной частоты входного контура [7]. На рис.6 приведена блок-схема системы измерений поляризации. Конструктивно эта система состоит из трех блоков: собственно Q - метра, установленного в непосредственной близости от ШИ, блоков местного и дистанционного управления Q - метром. Индуктивность входного контура образована двумя витками ленточного дюралюминиевого проводника шириной 2 мм и толщиной 0,1 мм и помещена в апендикс - резонатор кристата.

С Q - метром катушка индуктивности соединяется кабелем электрической длины $3/2 \lambda$. Внутри катушки помещается фторопластовый контейнер размерами 20 x 20 x 20 мм с рабочим веществом. Контейнер склеен из фторопластовой ленты толщиной 15 - 20 мкм. Для увеличения жесткости витки катушки зафиксированы фторопластовой оболочкой.

Высокочастотный генератор выполнен по схеме емкостной трехточки и генерирует колебания в диапазоне 113 - 114 МГц, подав-

щиеся на входной контур Q - метра. Девиация частоты $\pm 0,25$ МГц. Усиление ВЧ-напряжения до величины, необходимой для детектирования, осуществляется усилителем высокой частоты - широкополосным, резонансного типа, с коэффициентом усиления 300, шириной полосы на уровне 0,98 - 3 МГц.

Продетектированный сигнал поступает на вход предварительного усилителя НЧ с коэффициентом усиления 2 или 20, находящегося в ВЧ-блоке Q - метра. Дальнейшее усиление сигнала ЯМР-поглощения осуществляется калиброванным усилителем с $K_{ус} = 1 - 200$. Обработка сигналов ЯМР и вычисление поляризации осуществляется на ЭВМ ЕС-1022 в сочетании с Э-60. В качестве АЦП используется амплитудно - кодирующее устройство на 8000 каналов (французское, фирмы SAIP). На входе АЦП применена схема восстановления нулевой линии. ЭВМ Э-60 служит для записи и накопления сигналов ЯМР-поглощения. Последующая обработка производится на ЭВМ ЕС-1022. Для визуального контроля используется осциллограф. Данная система позволяет измерять поляризацию протонов мишени с точностью $\pm 6\%$.

5. СВЧ-система

Для динамической накачки поляризации в качестве СВЧ-генератора 4 мк диапазона используется генератор дифракционного излучения (ГДИ) [8]. ГДИ установлен в юстировочном устройстве, позволяющем перемещать его относительно полюсов фокусирующего постоянного магнита (0,35 Тл) в процессе его настройки; как правило, настройка ГДИ не меняется при перестройке частоты. Излучаемая мощность пос-

тупает в резонатор по волноводной линии передачи, часть которой, находящаяся в криостате, изготовлена из нержавеющей стали. Накачка поляризации производится на частоте 75 ГГц, смена знака осуществляется изменением магнитного поля. Питание ГДИ осуществляется от источника стабилизированного напряжения со стабильностью $2 \cdot 10^{-5}$, изготовленного в ИРЭ АН УССР. Уровень СВЧ-мощности, поступающей в криостат, регулируется аттенюатором поглощающего типа и изменением режима работы ГДИ. Частота излучения измеряется резонансным волномером Ч2-26.

6. Рабочее вещество мишени

В качестве рабочего вещества (РВ) мишени используется 1,2-пропилен-гликоль ($C_3H_8O_2$) с примесью стабильного комплекса НЛВА $Cr \bar{V}$ [9]. Рабочее вещество приготавливается в виде шариков диаметром 1,5 - 2 мм, замораживаемых в жидком азоте. Контейнер размером 20 x 20 x 20 мм, изготовленный из фторопластовой пленки толщиной 20 мкм, заполняется шариками из рабочего вещества и вставляется в катушку индуктивности входного контура Q - метра.

Протонная поляризованная мишень эксплуатируется в условиях повышенной радиационной опасности, в связи с чем управление отдельными блоками и контроль за режимами установки осуществляется дистанционно.

В процессе эксплуатации ПММ показала высокую надежность и обеспечила стабильное получение поляризации 70% в течение длительного времени. Основные параметры ПММ, полученные при работе на Ереванском синхротроне, приведены в табл.2.

Таблица

Максимальная поляризация протонов	0%
Расход жидкого He ⁴	10 л/час
Минимальная температура	0,5°K
Напряженность магнитного поля	2,7 Тл
Рабочее вещество	1,2 пропилен-гликоль PMMA C-1
Частота СВЧ	25 ГГц

В связи с запуском ИБМ на фотонном пучке скорителю были проведены исследования фоновых условий. В работе выполнен контрольный эксперимент по измерению χR_p в условиях вакуума. Результаты измерения χR_p при $R_p = 0$ изложены в таблице. Максимальное значение χR_p фотородится при значении фотонной энергии 100 эВ и для энергии ионов $U_{i0} = 100^2$ и $U_{i0} = 500^2$ равнос 0,0001 и 0,0002 соответственно. В результате работы ИБМ

авторы выражают благодарность профессору В.А. Сидоренку за его участие и постоянный интерес к работе, а также В.А. Сидоренку, В.В. Буколову, В.И. и Заркинову, И.И. за активное непосредственное участие в сборке и налажке исследуемого оборудования.

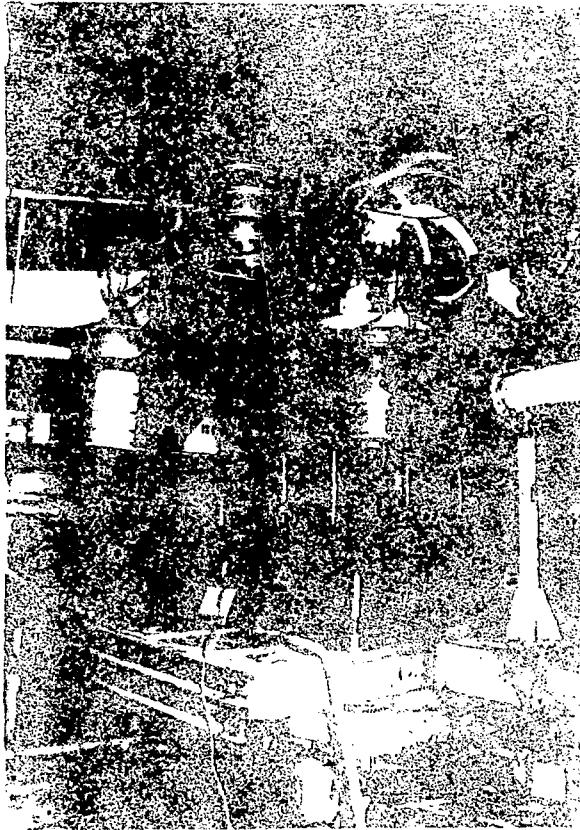
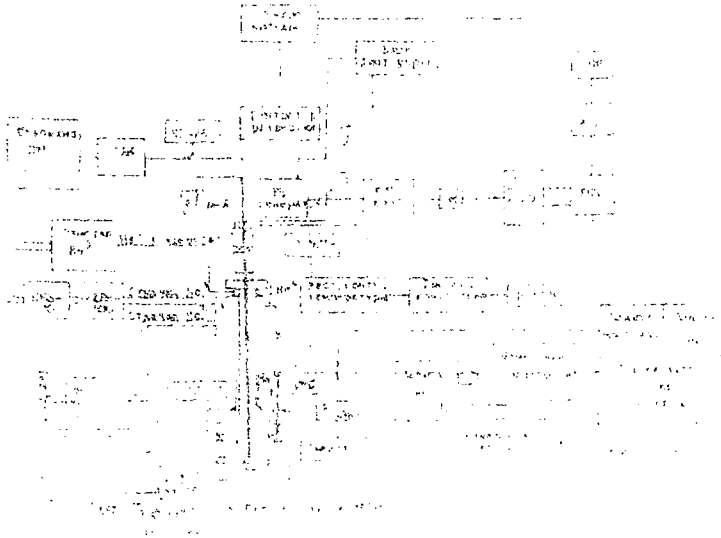


Figure 1



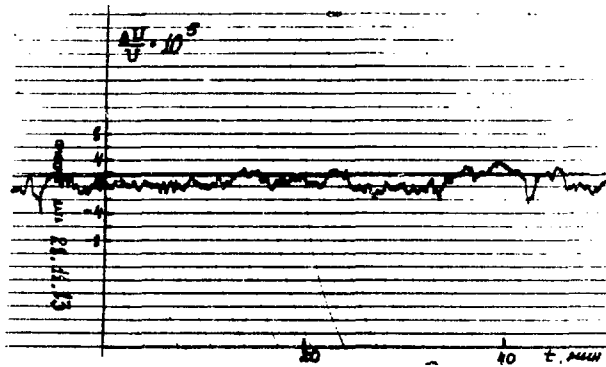


Рис. 4

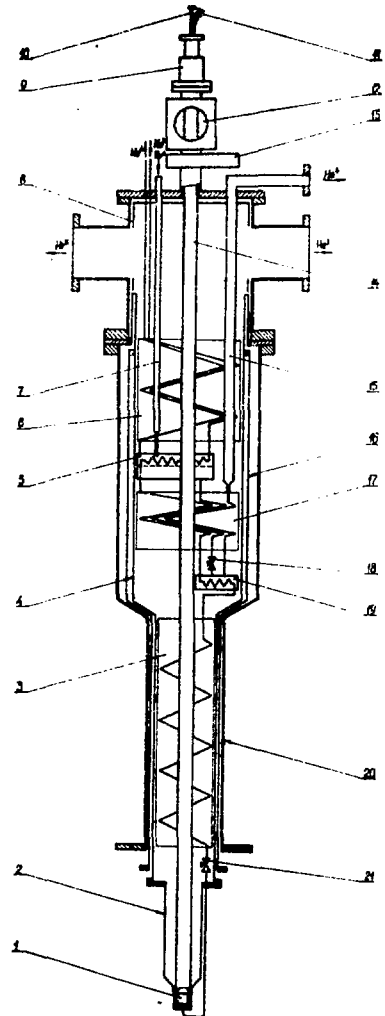


Рис. 5

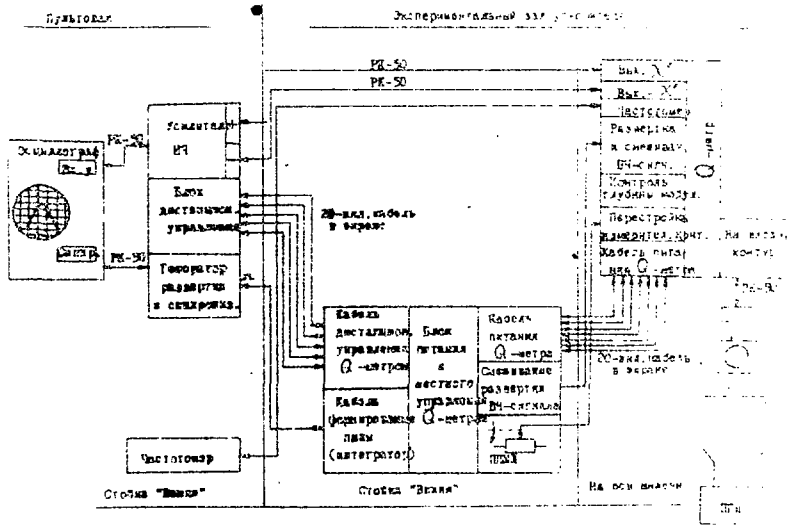


Рис. 6

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис.1 Общий вид ШМ, смонтированной на канале "Гамма-2" ЕрФИ.
- Рис.2 Блок-схема установки ШМ.
- Рис.3 Принципиальная схема источника тока сверхпроводящей магнитной системы ШМ: $\mathcal{D}_1 - \mathcal{D}_6$ - шестифазный выпрямитель; $T_6 - T_{95}$ - регулятор тока; $A_1, T_1 - T_3$ - усилитель постоянного тока; $R_{ЭТ}$ - эталонный шунт.
- Рис.4 Зависимость нестабильности напряжения $\Delta U/U$ на шунте от времени.
- Рис.5 Схема криостата: 1.-рабочее вещество; 2.-резонатор-аппендикс; 3.-теплообменник He^3-He^4 ; 4 -корпус криостата; 5.-сепаратор He^4 ; 6.-теплообменник предварительного охлаждения He^3 ; 7.-подача He^4 ; 8 -радиационный экран; 9.-уплотнение подвижной штанги; 10.- волновод; 11.-коаксиальный кабель; 12.-камера шлюза; 13 -затвор шлюза; 14.-подвижная штанга; 15 -труба откачки He^4 из испарителя; 16.-радиационный экран; 17-теплообменник $He^4 - He^3$; 18.-дроссель He^4 ; 19 -испаритель He^4 ; 20 -вакуумный корпус криостата; 21 -дроссель He^3 .
- Рис.6 Блок-схема системы измерений поляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамян Л.О., Авакян Р.О., Аганьянц А.О. и др. Асимметрия сечения реакций фоторождения π^- и η^- - мезонов на нуклонах поляризованными фотонами и модели фотообразования в резонансной области энергий 1 - 2 ГэВ. Препринт ЕФИ-379 (37), Ереван 1979.
2. Abrahamian, Avakian R.O., Aganians A.O. et al. π^0 and π^+ production with polarized protons in the energy range 1-2 GeV, Phys.Lett.1974, v.48B, p.463
3. Абрамян Л.О., Аганьянц А.О., Адамян Ф.В. и др. Фоторождение π^- - мезонов на нейтронах поляризованными фотонами в интервале энергий 0,9 - 1,65 ГэВ. ЯФ, 1980, т.32, вып.1(7), с.133.
4. Авакян Р.О., Авакян Э.О., Аветисян В.Э. и др. Измерение поляризации протонов отдачи в реакции фоторождения π^0 - мезона для угла $\theta_{\pi^0}^* = 60^\circ$ в резонансной области, ЯФ, 1983, т.37, вып.2, с.334.
5. Деркач А.Я., Карнаухов И.М., Луханин А.А. и др. Протонная поляризованная мишень ХФТИ со сверхпроводящей магнитной системой, Препринт ХФТИ 78 - 47, Харьков, 1978.
6. Деркач А.Я., Карнаухов И.М., Луханин А.А. Источник тока до 500 А для сверхпроводящих магнитных систем. ПТЭ, 1975, № 6, с.168.
7. Деркач А.Я., Карнаухов И.М., Луханин А.А. и др. Система измерения поляризации протонов в поляризованной мишени, Препринт ХФТИ, 81 - 40, Харьков, 1981.

8. Шестопапов В.П., Дифракционная электроника X., "Выща школа", 1976.
9. Вертий А.А., Шестопапов В.П., Понков Ю.П. и др. Исследования динамической поляризации протонов в этиленгликоле и 1,2-пропиленгликоле со стабильным радикалом. ДАН СССР, 1981
10. Booth P.S.L., Carool L.J., Court G.R. et al. The polarized target asymmetry for neutral pion photoproduction from protons in the photon energy range 0,7 - 1,45 GeV. Nucl.Phys., 1977, v.B121, p.45

Рукопись поступила 17 мая 1985 г.

М.М.АСАТУРЯН, А.А.БЕЛЯЕВ, Г.А.ВАРТАПЕТЯН, В.А.ГЕТЬМАН,
А.Л.ГОЛЕНДУХИН, А.Я.ДЕРКАЧ, А.П.КАЗАРЯН, И.М.КАРНАУХОВ,
А.А.ЛУХАНИН, Ж.В.МАНУКЯН, А.Ю.НЕФФА, С.Г.ОГАНЕСЯН,
А.А.РАЗУМНЫЙ, А.М.СИРУНЯН, Е.А.СПОРОВ, В.И.ТРОЦЕНКО,
А.Р.УНАНЯН, В.А.ЭКИЗЯН

УСТАНОВКА С ПОЛЯРИЗОВАННОЙ МИШЕНЬЮ НА ЕРЕВАНСКОМ СИНХРОТРОНЕ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 9/IX-85г. ВФ-06804 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч.изд.л. I,0 Тираж 299 экз. Ц. I5 к.
Зак. тип. № 402. Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркаряна 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ