

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 621.384.664:539.143.5:539.172.3

ЛУХАНИН Алексей Александрович

ШИРОКОАПЕРТУРНАЯ ПОЛЯРИЗОВАННАЯ ПРОТОННАЯ
МИШЕНЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
В ФОТОРОЖДЕНИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ

01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Ереван-1986

Работа выполнена в Харьковском ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции физико-техническом институте АН УССР

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Карнаухов И.М.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук Худавердян А.Г. (ЕрГУ)
кандидат физико-математических наук Баятян Г.Д. (ЕрФИ)

Ведущая организация: Ленинградский институт ядерной физики АН СССР

Защита состоит из "___" _____ 1986 года в _____ часов на заседании специализированного совета Д 034.03.01 при Ереванском физическом институте (375036, г. Ереван-36, ул. Маршаряна, 2)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ЕрФИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Ученый секретарь специализированного совета
канд. физ. мат. наук. ст. н. с.

В.А. Шахбалян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и состояние проблемы

Интерес к изучению процессов одиночного фоторождения пионов на нуклонах в области энергий до 2 ГэВ вызван прежде всего тем, что здесь доминирующий вклад вносит механизм возбуждения нуклонных резонансов. Феноменологические анализы экспериментальных данных о фоторождении позволяют определить важнейшие характеристики резонансов — электромагнитные константы связи, которые широко используются для проверки различных кварковых моделей адронов.

Другим аспектом изучения процессов $\gamma N \rightarrow \pi N$ является проверка общих свойств адронной части электромагнитного тока. В последние годы исследования в этой энергетической области получили новый стимул благодаря появлению кварковых, гибридных моделей адронов, моделей солитонов. Сверхтонкое взаимодействие между кварками или кварками и облаком пионов в такой модели имеет тензорную компоненту, что приводит, в частности, к появлению \odot -состояний в нуклоне и $P_{33}(1238)$ резонансе и к ненулевой величине электрической квадрупольной амплитуде E_{1+} распада $P_{33}(1238) \rightarrow N\gamma$ [Герштейн С.С., Джакия С.В. — Ядерная физика, т.34, 1981, с. 1563 — Faessler A. Nucl. Phys. A, 434, 1985, III c]. Естественным способом проверки этого предположения является выделение резонансной части в изотопической мультипольной амплитуде $E_{1+}^{3/2}$ процессов $\gamma N \rightarrow \pi N$ в районе возбуждения $P_{33}(1238)$.

Решение указанных выше проблем связано с восстановлением изотопических мультипольных амплитуд реакций $\gamma N \rightarrow \pi N$ на основе экспериментальных данных, осуществляемым в рамках мультипольных анализов. Для однозначного восстановления амплитуд необходимо провести измерения не менее восьми поляризационных параметров, чтобы реализовать ситуацию так называемого "полного опыта". Это сложная задача, которая настоящее время в полной мере не решена.

Дифференциальное поперечное сечение процесса $\gamma N \rightarrow \pi N$ для линейно-поляризованных γ -квантов и поляризованной мишени может быть представлено в виде [Worden R., Nucl. Phys., 1972, B.37, 253]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right) (1 - \Sigma P_{\gamma} \cos 2\psi - P_{\gamma} P_{\gamma} \cos 2\psi + \\ + T_{\gamma} \psi + G P_{\gamma} P_{\pi} \sin 2\psi - H P_{\gamma} P_{\pi} \sin 2\psi), \quad (I)$$

где $d\sigma/d\Omega$ — дифференциальное сечение реакции для неполяризованных частиц; Σ — асимметрия сечений для линейно-поляризованных фотонов; P — поляризация нуклонов отдачи; G и H — дважды поляризационные пара-

метры; P_{ψ} - величина линейной поляризации фотонов с вектором под углом ψ к плоскости реакции; P_x, P_y, P_z - соответствующие составляющие вектора поляризации нуклонов мишени.

Экспериментальные данные по наблюдаемым $d\sigma/d\Omega, \Sigma, T, P$, которые имелись до начала выполнения данной работы, позволили провести энергонезависимые мультипольные анализы процессов фотообразования. Полученные в этих анализах оценки нерезонансных мультипольных амплитуд характеризуются немонотонностью энергетического поведения вблизи $P_{33}(1238)$. Однако основной недостаток выполненных мультипольных энергонезависимых анализов связан с использованием в них значений фаз, полученных из фазового анализа экспериментальных данных по пион-нуклонному рассеянию.

Чтобы устранить эти недостатки и повысить точность определения нерезонансных амплитуд необходимы новые экспериментальные данные, и в первую очередь, о дважды поляризованных параметрах G и H , которые можно получить с использованием линейно-поляризованных фотонов и поляризованной протонной мишени с вектором поляризации в плоскости реакции.

Для получения систематических экспериментальных данных об угловых распределениях параметров Σ, T, P, G и H необходима поляризованная мишень, в которой вектор поляризации нуклонов мог бы ориентироваться как в плоскости реакции, так и по нормали к ней. Кроме того мишень должна обеспечить регистрацию продуктов реакции в широком диапазоне энергий и углов вылета вторичных частиц.

В качестве рабочих веществ поляризованных мишеней используются органические соединения с парамагнитными добавками. Низкое относительное содержание нужных ядер, низкая радиационная стойкость, наряду со сложной технологией приготовления этих рабочих веществ делают актуальными поиск новых рабочих веществ и исследование их свойств.

Эти соображения и стимулировали выполнение настоящей работы, в которой ставились следующие

Цели исследования:

- разработка и экспериментальные исследования широкоапертурной поляризованной протонной мишени (ППМ), позволяющей ориентировать вектор поляризации в плоскости реакции и по нормали к ней и удовлетворяющей требованиям исследований в интенсивных пучках;

- исследование новых рабочих веществ со стабильными комплексами Cr^{V} ;

- разработка методики для измерений дважды поляризованных G и H - параметров в фоторождении π^+ -мезонов;

- экспериментальное исследование G - и H - параметров в районе $P_{33}(1238)$ -резонанса.

Научная новизна работ

Впервые в СССР разработана и создана широкоапертурная поляризованная мишень с произвольной ориентацией вектора поляризации для исследований поляризационных наблюдаемых в экспериментах типа поляризованный пучок - поляризованная мишень. Созданная мишень поляризованных протонов находится на современном мировом уровне.

Впервые проведены исследования веществ для поляризованных мишеней с новыми стабильными комплексами Cr^{V} . Стабильность комплексов увеличена в 3 раза за счет экранирования Cr^{V} от растворителя краун-эфирами.

Разработана методика и впервые проведены измерения G - и H - параметров в реакции $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ в области первого пион-нуклонного резонанса.

Научная и практическая ценность работ

В процессе создания ППМ были разработаны следующие приборы:

- криостат непрерывного потока 3He и 4He с температурой 0,5 К и хладопроизводительностью 0,35 Вт;

- высокочувствительный ЯМР-спектрометр для измерения поляризации протонов в мишени;

- система электрообеспечения сверхпроводящих магнитных систем (СМС) с большой запасенной энергией со стабилизатором тока и защитной СМС при переходе ее в нормальное состояние.

Получены экспериментальные данные о параметрах G и H в фоторождении π^+ -мезонов на протонах.

В настоящее время на основе данной ППМ создана мишень поляризованных дейтронов. На данной установке проведены исследования по получению поляризованных протонов и дейтронов в облученных электронами аммиаке и дейтерированном аммиаке. ППМ будет использоваться для изучения взаимодействия фотонов и электронов с поляризованными протонами и ядрами.

ППМ и отдельные ее элементы могут найти применение при решении задач физики твердого тела, физики низких температур и в др. областях.

Исследованные новые рабочие вещества могут применяться в других мишенях.

Основные результаты и положения, выносимые на защиту:

I. Широкоапертурная мишень поляризованных протонов с поляризацией $P \sim 80\%$ и произвольной ориентацией вектора поляризации для исследований в интенсивных пучках, в том числе:

I.1. Система электрообеспечения сверхпроводящих магнитных систем с большой запасенной энергией, включающая в себя стабилизатор тока ($I = 500$ А, $\frac{\Delta I}{I} = \pm 2 \cdot 10^{-5}$ ч $^{-1}$), систему автоматического ввода и вывода

$\pm 2 \cdot 10^{-5} \text{ч}^{-1}$ с системой автоматического заведения и вывода тока, основанной на стабилизации напряжения противоиндукции соленоида, и системой защиты СМС при переходе в нормальное состояние, обеспечивающей вывод до 70% запасанной энергии в СМС на внешнюю нагрузку;

- криостаты непрерывного потока ^3He и ^4He с системами откачки ^3He и ^4He и циркуляции ^3He с рабочей температурой 0,5 К и максимальной хладопроизводительностью 0,35 Вт;

- СВЧ-систему накачки поляризации, состоящую из СВЧ-генератора ($\sim 75 \text{ ГГц}$), волноводного тракта и стабилизатора напряжения;

- систему измерения поляризации.

Собственно мишенью являются замороженные шарики из 1,2 пропиленгликоля с примесью парамагнитного комплекса Cr^{V} , которые заключены в контейнер из фторпластовой пленки. Размер контейнера 20x20x20 мм. В качестве парамагнитной примеси применялись комплексы Cr^{V} -калиевой (или натриевой) соли бис (2-гидрокси-2-метилбутирата) оксохромата (V) (НМВА- Cr^{V}) и их соединения с краун-эфирами ($\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_6$):

1. НМВА (К) - Cr^{V} ;

2. НМВА (Na) - Cr^{V} ;

3. НМВА (К) - Cr^{V} + I8 - краун-6;

4. НМВА (Na) - Cr^{V} + I8 - краун-6;

Концентрация Cr^{V} составляла $(1,05 - 1,2) \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$.

Технология приготовления рабочего вещества состоит в растворении нужного количества комплекса Cr^{V} в 1,2 пропиленгликоле с последующим замораживанием капель раствора диаметром $\sim 1,5 \text{ мм}$ в жидком азоте. Все операции с замороженным рабочим веществом и его загрузка в криостат производятся в жидком азоте.

На рис. 2 приведена схема криогенных конструкций ШИМ. Сверхпроводящие катушки I имеют собственные резервуары для ^4He и закреплены на проставке из дюралюминия. Такая пара катушек подвешивается нужным образом к питающему гелиевому баку 4. Криостат непрерывного потока содержит ступень ^4He и ступень ^3He . ^4He поступает из переливалки в сепаратор 7 в виде парогазовой смеси. Пар откачивается через теплообменник I3, а жидкий ^4He поступает в теплообменник I5, дросселируется и поступает в ванну испарения ^4He - 5, температура в которой при откачке ^4He устанавливается 1,5 К.

^4He последовательно охлаждается в теплообменниках I3, 7, I5 и конденсируется в ванне испарения ^4He - 5. Далее после теплообменника I7 он дросселируется (I8) и поступает в ванну испарения ^3He (аппендикс) - I9. Откачивается ^3He по всему сечению криостата, для чего диски теплообменников перфорированы. Для оперативной замены рабочего вещества при

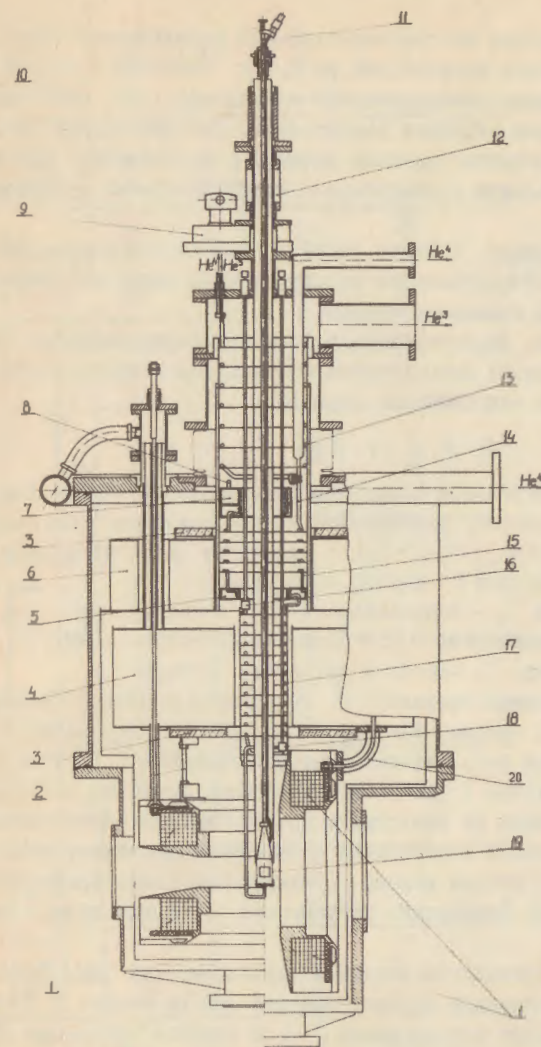


Рис. 2. Схема криогенных конструкций ШИМ. I - катушка сверхпроводящего магнита; 2 - подвеска катушки; 3 - угольный насос; 4 - гелиевый бак; 5 - ванна испарения ^4He ; 6 - азотный бак; 7 - сепаратор ^4He ; 8 - трубка подачи ^4He в сепаратор; 9 - затвор шлюза; 10 - волновод; 11 - кабель входного контура; 12 - шлюз; I3, I5, I7 - теплообменника; I4 - трубка откачки ^4He ; I6 - дроссель ^4He ; I8 - дроссель ^3He ; I9 - сифонные переходы. Показаны различные варианты ориентации СМС: слева - ось СМС располагается в вертикальном положении, справа - в горизонтальном

работающем криостате он снабжен плавовым устройством. Замена рабочего вещества может быть произведена за 0,5 ч. Криостат в нижней части заканчивается сменным цилиндрическим аппендиксом. При необходимости он может быть заменен ступенью растворения. Для уменьшения энергетических потерь и улучшения фоновых условий в эксперименте аппендикс заканчивается диалевым стаканчиком с толщиной стенки в области пучка 70...80 мкм.

В третьей главе описана система измерения поляризации. Для измерения спектров ЯМР-поглощения используется Q-метр постоянного тока с последовательным входным контуром.

Поляризация, характеризующая степень упорядоченности ядерных спинов, пропорциональна интегральной интенсивности сигнала ЯМР-поглощения и может быть вычислена по формуле

$$P = P_0 \frac{S}{S_0} (1 - \delta), \quad (2)$$

где S и S_0 - интегральные интенсивности, соответствующие динамически усиленному и тепловому равновесному (калибровочному) сигналам ЯМР-поглощения; $P_0 = th(q_n \beta H_0 / 2kT_0)$ - расчетное значение равновесной поляризации (q_n - ядерный g -фактор, β - магнетон Бора, k - постоянная Больцмана, H_0 и T_0 - напряженность поля и температура, при которых измеряется интенсивность (S_0) равновесного сигнала ЯМР); δ - поправка на нелинейность Q-метра и дисперсию сигнала ЯМР.

Для определения поправки δ проводился анализ и математическое моделирование Q-метра. Для повышения точности измерения теплового равновесного сигнала использовался метод непрерывного когерентного суммирования большого числа (~100) сигналов. Измерительная катушка входного контура изготовлена из ленточного проводника для обеспечения равномерной чувствительности к состоянию поляризации вещества, находящегося в различных точках объема мишени. В заключение главы производится анализ ошибок измерения. Суммарная погрешность измерения поляризации не превышает $\pm 5\%$.

В главе 4 приводятся основные характеристики ППМ. Представлены результаты исследований рабочих веществ ППМ на основе 1.2 пропиленгликоля со стабильными комплексами Cr^{VI} . В таблице приведены характеристики рабочих веществ и параметры ЭПР-спектров комплексов Cr^{VI} . Все исследованные рабочие вещества обладают близкими характеристиками и с их использованием получена поляризация протонов ~80%. Учитывая более высокую стабильность комплексов Cr^{VI} с краун-эфиром, их применение является предпочтительным.

Вещество	Х а р а к т е р и с т и к а									
	Параметры ЭПР-спектра комплекса Cr^{VI}					Максим- имальная поляри- зация (P/P_0), (%)	Время релак- сации в поле 2,7 Тл (мин)	Расстояние между мак- симумами поляриза- ции, (э)		
	$T = 293$ К $\dot{\nu} = 8,8$ ГГц	g	$A, (э)$	g_I	g_{II}				$\Delta H, (э)$	$\Delta g/g \cdot 10^3$
1.2. пропиленгли- коль + НМБА $Cr^{VI}(K)$	1,9785	19,0	1,9860	1,9749	242	5,6	120,1	+81/-81	34	182
1.2 пропиленгли- коль + НМБА $Cr^{VI}(Na)$	1,9787	17,7	1,9872	1,9748	282	6,25	125,6	+79/-81	29	187
1.2 пропиленгли- коль + НМБА $Cr^{VI}(Na)$ + 18-краун-6	1,9777	18,4	1,9864	1,9760	239	6,25	126,2	+79/-86	38	163
1.2 пропиленгли- коль + НМБА $Cr^{VI}(K)$ + 18-краун-6	-	-	-	-	-	-	-	+76/-76	-	166

В пятой главе описана разработанная методика исследований и первые результаты экспериментальных исследований дважды поляризованных G и H-параметров в фоторождении одиночных K^+ -мезонов на протонах в области первого пион-нуклонного резонанса (P_{33}), выполненных на разработанной ПИМ. Измерения проводились на Харьковском линейном ускорителе электронов ЛУ-2000 с использованием линейно-поляризованного фотонного пучка.

Характерной особенностью экспериментов на поляризованной протонной мишени с поляризацией в плоскости реакции является наличие в общем случае составляющих магнитного поля ПИМ, отклоняющих частицы от горизонтальной плоскости. На рис. 3 приведено схематическое обозначение используемых систем координат.

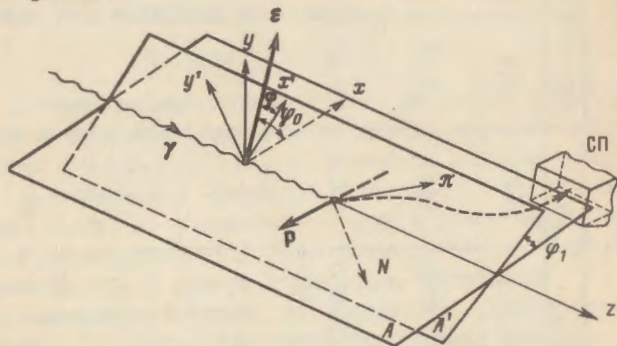


Рис. 3. Схематическое изображение используемых систем координат: A - плоскость экспериментальной аппаратуры с системой координат x, y, z ; \vec{P} - вектор поляризации мишени P лежит в плоскости A; A' - плоскость реакции с системой координат x', y', z' . Спектрометр регистрирует K^+ - мезоны, вылетающие в плоскости A' . Составляющие вектора поляризации относительно плоскости реакции $-P_x', P_y', P_z'$; \vec{E} - вектор поляризации фотонов, расположенный под углом ψ_0 к горизонтальной плоскости и углом $\psi = \psi_0 - \psi_1$ к плоскости реакции

Из уравнения (1) можно получить следующее соотношение, связывающее измеряемые параметры G и H с регистрируемыми выходами:

$$P \sin \theta \sin \psi_1 \sin 2\psi_1 + G \cos \theta \cos 2\psi_1 - H \sin \theta \cos \psi_1 \cos 2\psi_1 = -\frac{C_{+p}^{+45} - C_{+p}^{-45} - C_{-p}^{+45} + C_{-p}^{-45}}{4C_0 P_g P} \quad (3)$$

где C_0 - выход в случае неполяризованных начальных частиц; индексы ± 45 указывают на величину угла ψ_0 ; $\pm P$ - величины поляризации протонов;

θ - угол между осью Z' и направлением фотонов (ось Z) $0 \leq \theta \leq \pi$.

Вклад члена, содержащего P в уравнении (3), можно учесть используя экспериментальные значения величины поляризации нуклона отдачи. Это тем более обосновано, что при малых ψ_0 коэффициент при P значительно меньше коэффициентов при G - и H - параметрах. Угол ψ_1 определяется непосредственно из измерения выходов изучаемой реакции на жидководородной мишени с использованием экспериментальных значений Σ -асимметрии. Значения Σ и P брались из [Гетьман В.А. и др. Ядерная физика, 1980, т. 32, вып. 4(10), с. 1008].

Таким образом, проводя измерения на поляризованной и жидководородной мишенях двумя спектрометрами для различных значений θ (не считая $\theta = \pi$), для одного спектрометра мы получаем комбинацию

$$G \cos \theta \cos 2\psi_1 - H \sin \theta \cos \psi_1 \cos 2\psi_1 = G \cos \theta \cos 2\psi_1 - H \sin \theta \cos \psi_1 \cos 2\psi_1, \quad (4a)$$

а для другого

$$G \cos \theta \cos 2\psi_1'' - H \sin \theta \cos \psi_1'' \cos 2\psi_1'' = -G \cos \theta \cos 2\psi_1'' - H \sin \theta \cos \psi_1'' \cos 2\psi_1''. \quad (4b)$$

Из уравнений (4a) и (4b), используя измерения двух спектрометров, можно разделить G - и H - параметры, не изменяя положение оси магнитной системы ПИМ относительно пучка.

Полученные экспериментальные результаты для G - H - параметров следующие:

E_γ , МэВ	θ_x^* , град	H	G
320	65	$0,473 \pm 0,092$	$0,269 \pm 0,061$
350	65	$0,760 \pm 0,103$	$0,407 \pm 0,069$
350	80	$0,609 \pm 0,125$	$0,507 \pm 0,085$
380	65	$0,724 \pm 0,114$	$0,226 \pm 0,076$

Приведенные ошибки связаны со статистическими ошибками выходов пионов и ошибками используемых при обработке величин Σ - и P -параметров. На рис. 4 экспериментальные данные приведены вместе с предсказаниями феноменологических анализов Меткалфа и Уолкера [Nucl. Phys., 1976, В.76, р. 253] - сплошная линия и Феллера и др. [Nucl. Phys., 1976, В.104, р.219] - штриховая. Экспериментальные данные несколько отличаются от результатов проведенных феноменологических анализов.

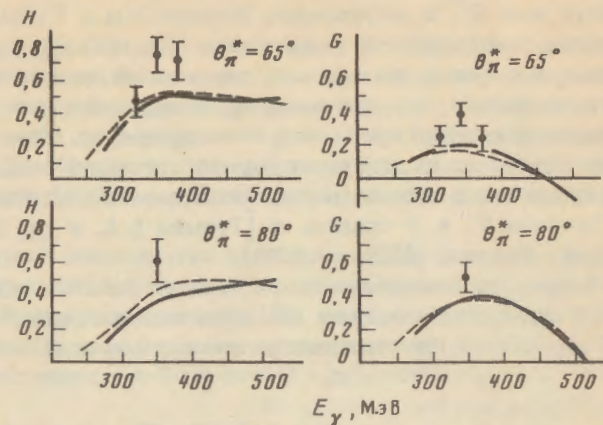


Рис. 4. Дважды поляризационные G- и H- параметры для реакции $\gamma p \rightarrow n\pi^+$

В заключении излагаются основные результаты работы, которые могут быть сформулированы следующим образом:

1. Разработана и исследована ППМ с произвольным направлением вектора поляризации. ППМ предназначена для проведения систематических исследований поляризационных параметров в интенсивных пучках фотонов и электронов. Проведенные исследования самой мишени и первые эксперименты с ППМ по измерению G- и H- параметров в фоторождении пионов на нуклонах подтверждают правильность исходных предположений выбора основных параметров и конструктивных решений.

Основные характеристики разработанной ППМ следующие

Рабочее вещество	1.2 пропиленгликоль со стабильными комплексами Cr^{3+}
Поляризация протонов	80%
Объем мишени (макс.)	30 см ³
Температура	0,5 К
Хладопроизводительность	0,35 Вт
Напряженность магнитного поля	2,7 Тл
Частота СВЧ-накачки	75 ГГц
Точность измерения поляризации	±5%
Расход ⁴ He в установившемся режиме	3 л/ч
Длительность непрерывного цикла работы (до смены дьюара с ⁴ He).	36 ч

Характеристики ППМ находятся на уровне лучших мировых образцов, а по экономичности ППМ превосходит мишени такого класса.

2. Разработана система электропитания сверхпроводящих магнитных систем с большой запасенной энергией, включающая в себя:

- стабилизатор тока до 500 А с долговременной стабильностью $\pm 2 \cdot 10^{-5}$;
- систему обнаружения нормальной проводимости и защиты СМС при переходе в нормальное состояние с выводом до 70% запасенной в СМС энергии на внешнюю нагрузку;
- систему ввода и вывода тока, основанную на стабилизации напряжения противоиндукции на оленоиде.

3. Разработан криостат непрерывного потока ³He и ⁴He с хладопроизводительностью до 0,35 Вт и рабочей температурой ~ 0,5 К. Конструкция криостата позволяет быструю замену рабочего вещества (~ 30 мин) с помощью шлюзового устройства, а также предусмотрена возможность использования различных типов рабочих веществ (замороженные жидкости и газы).

4. Разработана СВЧ-система накачки поляризации с передачей СВЧ-мощности на волне типа H_{01} , что обеспечивает минимальные потери в тракте передачи.

5. Разработан высокочувствительный ЯМР-спектрометр для измерения поляризации протонов на линии с ЭВМ. В качестве ЯМР-спектрометра используется Θ -метр постоянного тока с последовательным входным контуром. Система измерения поляризации обеспечивает точность $\pm 5\%$.

6. Впервые проведены исследования рабочих веществ для ППМ на основе 1.2 пропиленгликоля с комплексами Cr^{3+} , стабильность которых увеличена в 3 раза за счет введения в их состав краун-эфиров. Показано, что поляризация протонов ~ 80% в этих веществах достигается в основном за счет динамического охлаждения.

7. Разработана методика и впервые проведены экспериментальные измерения G- и H- параметров в реакции $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ в области первого н-нуклонного резонанса.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Деркач А.Я., Карнаухов И.М., Лукханин А.А. Источник тока до 500 А для сверхпроводящих магнитных систем. - ПТЭ, 1975, № 6, с.168-170.
2. Derkach A. Ya., Karnaukhov I.M., Lukhanin A.A. A 500 A current source for superconducting magnet system. - Cryogenics, 1976, vol. 16, No 9, p. 552-554.

3. Деркач А.Я., Карнаузов И.М., Луханин А.А., Кузьменко В.С., Телегин Ю.Н., Троценко В.И., Чечетенко В.Ф. Система измерения поляризации протонов в поляризованной мишени: Препринт ХФТИ АН УССР, ХФТИ 81-40, Харьков, 1981.

4. Беляев А.А., Гетьман В.А., Горбенко В.Г., Гуцин В.А., Деркач А.Я., Жебровский Ю.В., Карнаузов И.М., Колесников Л.Я., Соболев М.В., Сорокин П.В., Споров Е.А., Стороженко Ю.О., Телегин Ю.Н. Исследование G- и H- параметров для реакции $\gamma p \rightarrow n \pi^+$ в районе первого πN -резонанса. - Ядерная физика, 1984, т. 40, вып. 1(7), с. 133-138.

5. Карнаузов И.М., Луханин А.А., Телегин Ю.Н., Троценко В.И., Чечетенко В.Ф. Система измерения поляризации протонов в поляризованной мишени. - ПТЭ, 1984, № 6, с. 37-40.

6. Беляев А.А., Гетьман В.А., Деркач А.Я., Карнаузов И.М., Луханин А.А., Разумный А.А., Сорокин П.В., Споров Е.А., Телегин Ю.Н., Троценко В.И. Широкоапертурная поляризованная протонная мишень с произвольной ориентацией вектора поляризации: Препринт ХФТИ 85-9. М.: ЦНИИатоминформ, 1985.

7. Вертий А.А., Попков Ю.Н., Шестопалов В.П., Орлов В.Д., Беляев А.А., Гетьман В.А., Деркач А.Я., Карнаузов И.М., Луханин А.А., Споров Е.А., Сорокин П.В., Телегин Ю.Н., Троценко В.И. Новые стабильные комплексы Cr^V для поляризованных мишеней. Материалы второго международного семинара по спиновым явлениям в физике высоких энергий. - Серпухов, 1985, - 338 с, с. 134-139.

И.И. Луханин

Ответственный за выпуск К.Л.Вартанян

Подписано в печать 02.07.86. БЦ 10109. Формат 60x84/16.
Офсетная печать. Усл.п.л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 610.

Харьков-108, роталит ХФТИ АН УССР