

6/III-72

Д-427

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

729/2-72

P14 - 6203



А.А.Джураев, В.С.Евсеев, Ю.В.Обухов,  
В.С.Роганов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ  
В ВОДЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПЕРЕКИСИ  
ВОДОРОДА В ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ  
МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

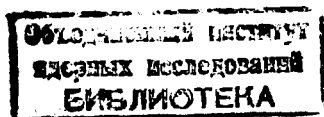
1971

P14 - 6203

А.А.Джураев, В.С.Евсеев, Ю.В.Обухов,  
В.С.Роганов

ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ  
В ВОДЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПЕРЕКИСИ  
ВОДОРОДА В ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ  
МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

*Направлено в ЖЭТО*



Как уже было показано в работах /1,2/, при атомном захвате мюона образуется мезорадикал с порядковым номером на единицу меньшим, чем у атома среды. Деполяризация мюона на  $K$ -оболочке такого мезорадикала зависит от химического взаимодействия последнего со средой. Парамагнетизм образовавшегося мезорадикала приводит к тому, что при измерении коэффициента асимметрии  $a$  в угловом распределении электронов мю-распада на частоте процессии свободного спина мюона должна наблюдаться нулевая остаточная поляризация.

Отличное от нуля значение коэффициента асимметрии  $a$ , измеренное таким способом для многих веществ, свидетельствует о том, что мезорадикал успевает вступить в химическое соединение с диамагнитной электронной оболочкой за время, меньшее или сравнимое с временем оборота суммарного магнитного момента мезорадикала в поперечном магнитном поле.

Известно, что величина  $a$  для всех исследованных веществ меньше, чем для проводников /3,4/. Можно предположить, что это обстоятельство связано с тем, что мезорадикал или его парамагнитное соединение до времени наблюдения электронов распада. Измеряя асиммет-

рию электронов распада по счету электронов под определенным углом, т.е. устранив кажущуюся деполяризацию, обусловленную прецессией суммарного магнитного момента в поперечном магнитном поле, можно определить вклад обсуждаемого процесса. Проводя такие измерения в продольном магнитном поле разной напряженности, можно одновременно решить вопрос о возможной роли локальных магнитных полей в исследуемом веществе.

В <sup>/2/</sup> предлагается модель, на основе которой вычисляется зависимость величины  $a$  от времени вступления мезорадикала в химическую реакцию. Сравнение расчетов <sup>/2/</sup> с экспериментом <sup>/4/</sup> показало, что экспериментальные данные по температурной зависимости деполяризации в воде хорошо укладываются на два участка теоретической кривой: либо вблизи частоты  $\nu$  сверхтонкого взаимодействия магнитного момента мюона и электронной оболочки мезоатома, либо вблизи частоты прецессии  $\Omega$  суммарного магнитного момента мезоатома. Если справедливо второе решение, то должна наблюдаться зависимость величины  $a$  от напряженности поперечного магнитного поля.

С целью выяснения всех перечисленных выше вопросов нами были выполнены эксперименты по определению  $a$  для различных значений продольного  $H_{||}$  и поперечного  $H_{\perp}$  магнитных полей в воде и водных растворах перекиси водорода. Эксперименты проводились на чистом мюонном пучке <sup>/5/</sup>, полученном с помощью мезонного канала синхроциклотрона ОИЯИ. Установка и аппаратура описаны в <sup>/6/</sup>. Схематически экспериментальная установка показана на рис. 1. Соленоид (6) давал возможность получать продольное (по направлению спина мезонов в пучке) поле до  $H_{||} \approx 2000$  гс. Свинцовый вкладыш (8) не позволял мюонам останавливаться и распадаться в алюминиевом каркасе соленоида и тем самым

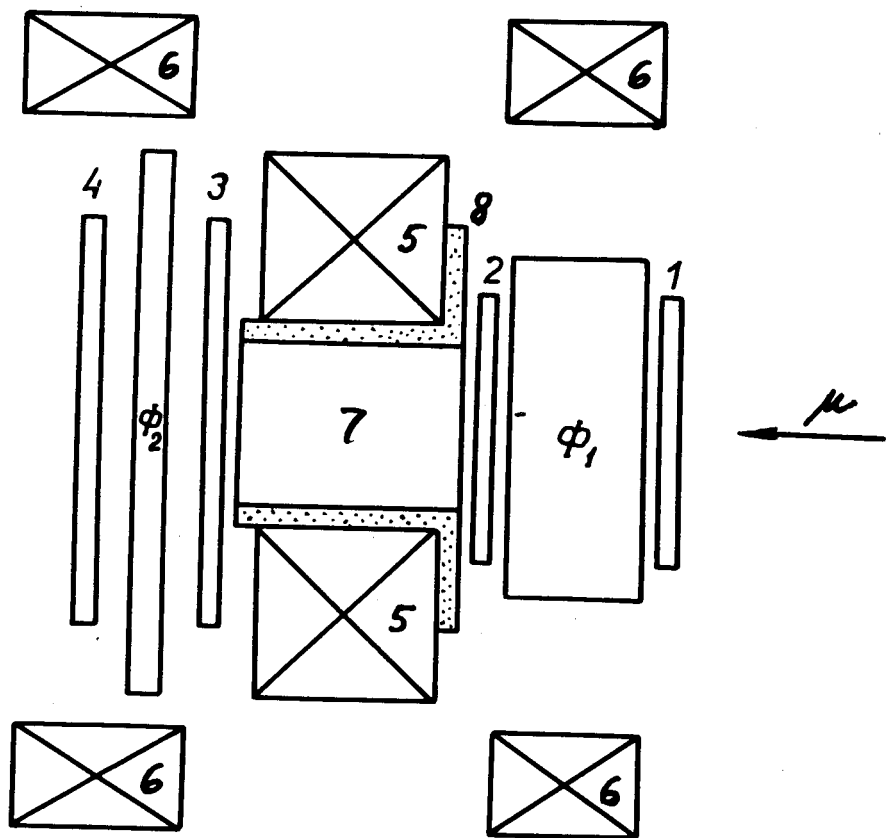


Рис. 1. Схематическое изображение установки (вид сбоку). 1 и 2 - сцинтилляторы счетчиков мюонного телескопа, 3 и 4 - сцинтилляторы счетчиков для регистрации электронов распада, 5 - соленоид продольного поля, 6 - катушки Гельмгольца для получения поперечного поля, 7 - мишень, окруженная свинцовым вкладышем 8,  $\Phi_1$  - замедлитель мюонов,  $\Phi_2$  - фильтр электронного телескопа.

можно было исключить вторую компоненту во временном распределении электронов распада, близкую по величине к кислородной. Экспоненту, связанную с остановками в свинце, легко можно было исключить, сдвигая начало регистрации электронов на несколько десятых долей микро-секунды. Использовалась водяная мишень диаметром 80 мм и толщиной (по пучку) 70 мм.

Эффекта фокусировки электронов распада сильным полем  $H_{||}$  в пределах точности эксперимента ( $\pm 5\%$ ) обнаружено не было (опыт ставился на  $\mu^+$ -мезонах с графитовой мишенью).

Кольца Гельмгольца (6) позволяли получать поперечное магнитное поле до  $H_{\perp} \approx 200$  гс, измеряемое с точностью до долей процента. Продольное поле измерялось с точностью  $\pm 5\%$ . Большая ошибка связана со значительной неоднородностью поля  $H_{||}$  в соленоиде по объему мишени.

Экспериментально получаемые временные распределения электронов обрабатывались методом квадратов с помощью ЭВМ по уравнению.

$$N_i(t_i) = N_0 \left\{ 1 + a \cos(\omega t_i + \delta) \right\} \exp \left\{ -\frac{t_i}{\tau} \right\} + C;$$

здесь  $N_i(t_i)$  - число отсчетов в  $i$ -том канале анализатора,  $t_i$  - время, соответствующее середине  $i$ -го канала,  $N_0$  - количество электронов распада в нуле времени,  $\tau$  - время жизни мезона в данном веществе,  $a$  - коэффициент асимметрии электронов распада,  $\omega$  - частота прецессии свободного спина мюона,  $\delta$  - начальная фаза прецессии, величина которой определяется геометрией эксперимента,  $C$  - постоянный во времени фон.

В случае измерений в поперечном поле коэффициент асимметрии определялся как параметр  $a$  исследуемого уравнения, а при измерении в продольном поле коэффициент асимметрии  $a'$  получался сравнением счета  $N'$  в нуле времени в продольном поле со счетом  $N_0$  в нуле времени в поперечном поле по формуле  $a' = -\frac{N_0 - N'}{N'}$ .

Т а б л и ц а 1.

Значения коэффициента асимметрии  $\alpha$  электронов распада в продольном ( $H_{||}$ ) и поперечном ( $H_{\perp}$ ) магнитных полях.

вещество	T, °K	$H_{  }$ , гс.	$H_{\perp}$ , гс.	$\alpha, \alpha'$
H <sub>2</sub> O	300	1265	-	0,0171±0,0035
	"	1600	-	0,0241±0,0058
	"	800	-	0,0146±0,0058
	среднее: 0,0180±0,0026			
H <sub>2</sub> O	300	-	50	0,0202±0,0018
	"	-	200	0,0207±0,0025
H <sub>2</sub> O	77	200	-	0,0110±0,0019
	"	-	50	0,0105±0,0013
H <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /15%/x	300	-	43	0,0295±0,0022
	"	-	190	0,0268±0,0017
H <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /7,5%/x	300	-	24	0,0308±0,0020
	"	-	197	0,0290±0,0020
	...	-	-	-

x/ по весу.

Полученные таким образом значения  $a$  приведены в таблице 1. Видно, что коэффициент  $a$  при комнатной температуре в исследуемом диапазоне  $H_{\parallel}$  не меняется и равен коэффициенту  $a$ , измеренному в поперечном поле <sup>/3/</sup>. Это означает, что при комнатной температуре все содержащиеся мезоатом  $\mu N$  парамагнитные соединения вступают в последующие химические реакции до начала наблюдения. Попытка "выморозить" химическую активность радикалов, содержащих мезоатом путем понижения температуры до  $77^{\circ}K$ , показала, что даже при этой температуре химические взаимодействия таких радикалов заканчиваются за время, значительно меньшее нескольких единиц на  $10^{-7}$  сек. Это согласуется с общими представлениями о поведении радикалов в конденсированных средах <sup>/7,8/</sup>. Свободные радикалы, содержащие мезоатомы ( $\mu NH$ ,  $\mu NH_2$  и т.д.), исчезают, по-видимому, в результате относительно медленных вторичных реакций с примесями за время порядка  $10^{-8}$  сек <sup>/8/</sup>.

Независимость  $a'$  от  $H_{\parallel}$  показывает, что локальные магнитные поля, которые могли бы быть причиной уменьшения  $a$  по сравнению с тем, которое характерно для проводников <sup>/4/</sup>, в воде не существуют.

Как уже отмечалось выше, измерение величины  $a$  в зависимости от напряженности поперечного магнитного поля  $H_{\perp}$  дает однозначный ответ на вопрос о том, каково время вступления мезоатома в первую химическую реакцию. Если это время порядка  $t \approx \frac{1}{\Omega}$ , то должно наблюдаться уменьшение величины  $a$  примерно в два раза при изменении  $H_{\perp}$  от 20 до 200 гс; если же зависимости от величины поля не будет, то время вступления мезоатома в химическую реакцию порядка  $t \approx \frac{1}{\nu} \approx 10^{-12}$  сек <sup>/2/</sup> (при комнатной температуре). В <sup>/2/</sup> показано также, что при определенных условиях должна наблюдаться зависимость начальной фазы прецессии  $\delta$  от  $H_{\perp}$ . Однако в условиях настоящего эксперимента задача определения  $\delta$  с необходимой точностью не могла быть решена.



Результаты измерения  $a$  в зависимости от  $H_{\perp}$  в указанном диапазоне приведены в таблице 1. Значения  $a$  исправлены с учетом разного числа точек на один период прецессии. Обработка полученных для перекиси водорода результатов методом наименьших квадратов по уравнению  $a = a_0 + bH_{\perp}$  дает следующие результаты:  $a_0 = 2,982 \pm 0,15$  и  $b = -(1,28 \pm 1,45) \cdot 10^{-3}$  гс<sup>-1</sup>. Таким образом, в пределах погрешностей не наблюдается зависимости  $a$  от  $H_{\perp}$ . Аналогичный результат получается и для чистой воды (см. таблицу 1).

Отсюда можно сделать вывод, что вступление мезоатома в химические реакции в воде и водном растворе перекиси водорода происходит за время порядка  $10^{-12}$  сек (при комнатной температуре) <sup>/2/</sup>, т.е. что температурная зависимость остаточной поляризации в воде обусловлена конкуренцией быстрых химических реакций мезоатома с деполяризацией из-за сверхтонкого взаимодействия магнитного момента мюона с магнитным моментом электронной оболочки.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.С.Евсеев. ОИЯИ, Р14-4052, Дубна, 1968.
2. А.А.Джураев, В.С.Евсеев. ОИЯИ, Р14-6023, Дубна, 1971.
3. А.А.Джураев, В.С.Евсеев, Г.Г.Мясишева, Ю.В.Обухов, В.С.Роганов, ОИЯИ, Р1-6020, Дубна, 1971.
4. В.С.Евсеев, В.С.Роганов, В.А.Черногорова, Г.Г.Мясишева, Ю.В.Обухов, ЯФ, 8, 741 (1968).
5. В.Г.Варламов, Ю.М.Грашин, А.В.Демьянов, Б.А.Долгошеин, В.С.Роганов, ОИЯИ, 1-4084, Дубна, 1968.
6. А.И.Бабаев, М.Я.Балац, Г.Г.Мясишева, Ю.В.Обухов, В.С.Роганов, В.Г.Фирсов, ЖЭТФ, 50, 877 (1966).
7. И.В.Верешинский и А.К.Пикаев "Введение в радиационную химию", АН СССР, М., 1963; А.К.Пикаев "Импульсный радиолиз воды и водных растворов", "Наука", М. (1965).

8. P.J. Dyne a. Kennedy. Canad. Journ. of Chem., 36, N, 11,  
1518 (1958).

Рукопись поступила в издательский отдел  
31 декабря 1971 г.