

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



211-78

P14 - 10960

E-25

93/2-78

В.С.Евсеев, Т.Н.Мамедов, В.С.Роганов,  
М.В.Фронтасьева

НАБЛЮДЕНИЕ

"МЕДЛЕННОЙ" РЕЛАКСАЦИИ СПИНА

ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ В ОКИСЛАХ

1977

P14 - 10960

В.С.Евсеев, Т.Н.Мамедов, В.С.Роганов,  
М.В.Фронтасьева

НАБЛЮДЕНИЕ  
"МЕДЛЕННОЙ" РЕЛАКСАЦИИ СПИНА  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ В ОКИСЛАХ

*Направлено в "Письма в ЖЭТФ"*

Евсеев В.С. и др.

P14 - 10960

Наблюдение "медленной" релаксации спина отрицательных мюонов в оксидах

Сообщаются результаты наблюдения уменьшения во времени асимметрии углового распределения электронов от распада мюонов в мезоатомах кислорода, образующихся при остановке мюонов в оксидах.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Evseev V.S. et al.

P14 - 10960

The Observation of "Slow" Spin Relaxation of Negative Muons in Oxides

The results are given on the observation of the time relaxation of asymmetry coefficient in the angular distribution of electrons from the muon decay in oxygen mesic atoms, formed at stopping in oxides.

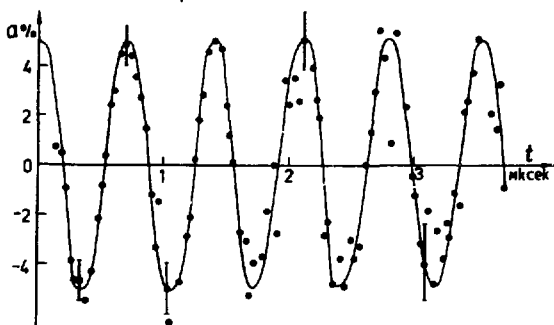
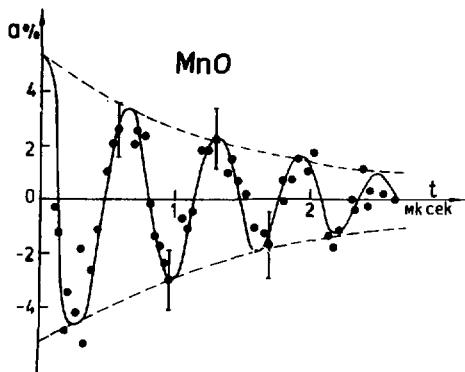
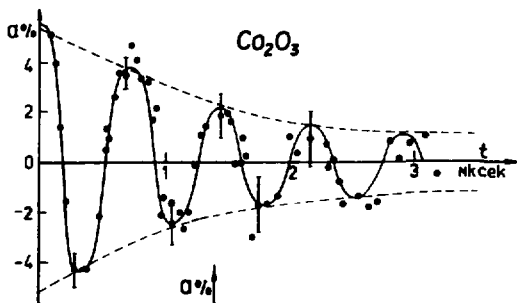
The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1977

Изучению вещества с помощью мюонов в последние годы посвящен целый ряд экспериментов, в которых измеряется асимметрия в угловом распределении электронов от распада мюонов по ларморовской прецессии спина мюона в поперечном /относительно направления спина/ магнитном поле. Экспериментальные исследования твердого тела с помощью положительных мюонов довольно обширны /1/. Аналогичным экспериментам с отрицательными мюонами до последнего времени посвящено лишь несколько работ /например, /2,3/ /, в которых, однако, релаксация мюонного спина не наблюдалась.

В настоящей работе измерялась временная зависимость асимметрии электронов распада из мезоатома кислорода в ряде окислов с целью наблюдения релаксации мюонного спина /обнаруженной недавно в монокристалле окиси марганца /4/ в экспериментах с отрицательными мюонами /4,5/ и влияния на скорость релаксации окружающей мезоатом среды, в частности элементов с парамагнитной электронной оболочкой. Эксперименты выполнены на сепарированном мюонном пучке синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Аппаратура для измерений и обработка результатов описаны ранее /3/. Поляризованные мюоны останавливались в мишенях поликристаллических окислов толщиной  $\sim 5 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ , помещенных в поперечное магнитное поле  $H \sim 50 \div 120 \text{ Э}$ , при комнатной температуре и температуре жидкого азота.

Электроны распада из мезоатома кислорода отделялись по времени жизни  $\tau_0$  от электронов распада из мезоатомов элементов со временем жизни  $\tau_1$ . В попер-



Экспериментальная зависимость  $\alpha(t)$  для окислов  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  и графита в поперечном поле 120 Э при комнатной температуре.

речном магнитном поле распределение во времени электронов распада из кислорода модулировано частотой ларморовской прецессии  $\omega = g_H / g_-$  - гиромангнитное отношение  $\mu^-$ -мезона на К-оболочке мезоатома кислорода, близкое к значению для свободного мюона/. Это распределение  $N(t)$  /после учета с помощью ЭВМ фона и введения поправки на распад мезонов с временами  $\tau_0$  и  $\tau_3$  / имеет вид

$$N(t) \sim [1 + a_0 \exp(-t/T_p^{-1}) \cos(\omega t + \delta)] = 1 + a(t),$$

где  $a_0$  - коэффициент асимметрии электронов распада из мезоатома кислорода в момент  $t=0$  /время остановки мюона в мишени/,  $T_p$  - время релаксации спина мюона в мезоатоме кислорода,  $\delta$  - сдвиг фазы. Из измеренных спектров методом наименьших квадратов на ЭВМ находились параметры, содержащиеся в вышеприведенном выражении. При напряженности поля  $\sim 120$  Э в времени наблюдения  $\sim 6$  мкс прослеживается  $\sim 8$  периодов прецессии и надежно регистрируются времена релаксации  $T_p$  от 0,4 до 8 мкс.

Измеренная зависимость  $a(t)$  в мезоатомах кислорода  $Co_2O_3$  и  $MnO$  показана на рисунке, где видно уменьшение во времени амплитуды прецессии в этих оксидах. Для сравнения там же приведена зависимость  $a(t)$  для графита, в котором подобной релаксации не наблюдается. В таблице даны измеренные в оксидах значения  $a_0 a_c^{-1}$  ( $a_c = /4,8 \pm 0,1/\%$  в графите),  $T_p$ , а также  $\bar{a} a_c^{-1}$ , полученные при усреднении по времени [ $\exp(-t/T_p^{-1}) = 1$ ]. Значение  $T_p$  для  $MnO$  хорошо согласуется с величиной  $1,5^{+0,8}_{-0,4} /4/$ , но значение  $a$  указано /4/ лишь приблизительно и равно  $\sim 0,03$ .

Наблюдение асимметрии ( $a \neq 0$ ) для оксидов из таблицы на частоте квазисвободного мюона соответствует тому, что в мезоатоме кислорода парамагнетизм электронной оболочки скомпенсирован /в результате химической реакции мезоатома, занятия им примесного уровня в решетке или каким-либо другим способом/. Измеренные значения асимметрии в других оксидах ( $MgO$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZnO$ ) близки к нулю. Это означает либо "быструю" релаксацию  $/T_p < 0,1$  мкс/, либо отсутствие

Таблица

Окисел	$T_p, \text{ мкс}$	$a_o a_c^{-1}$	$\bar{a} a_c^{-1}$
комнатная температура			
$V_2O_5$	$3,8 \pm 1,1$	$0,63 \pm 0,08$	$0,39 \pm 0,03$
$MnO$	$1,5 \pm 0,4$	$1,10 \pm 0,19$	$0,42 \pm 0,06$
$Mn_2O_3$	$3,6 \pm 1,6$	$0,42 \pm 0,05$	$0,28 \pm 0,04$
$CoO$	$1,9 \pm 0,5$	$0,73 \pm 0,14$	$0,31 \pm 0,04$
$Co_2O_3$	$1,6 \pm 0,3$	$1,08 \pm 0,14$	$0,35 \pm 0,03$
$SeO_2$	$6,1 \pm 2,1$	$0,71 \pm 0,08$	$0,51 \pm 0,04$
$Sb_2O_3$	$4,2 \pm 2,5$	$0,59 \pm 0,14$	$0,39 \pm 0,05$
$Sb_2O_5$	$1,2 \pm 0,4$	$0,77 \pm 0,16$	$0,25 \pm 0,06$
температура жидкого азота			
$V_2O_5$	$4,6 \pm 1,8$	$0,52 \pm 0,07$	$0,37 \pm 0,03$
$Co_2O_3$	$2,3 \pm 0,9$	$0,55 \pm 0,11$	$0,22 \pm 0,03$

указанной выше компенсации, либо наличие других механизмов деполяризации, кроме каскадного.

Из таблицы следует, что наблюдается "медленная" релаксация мюонного спина со временем порядка микросекунд. В парамагнитных оксидах переходных металлов с незаполненной  $3d$  электронной оболочкой эта релаксация, по-видимому, обусловлена локальными магнитными полями в области мезоатомной локализации. Наблюдение релаксации в диамагнитных оксидах / $Se$  и  $Sb$  / также может свидетельствовать о наличии локальных магнитных полей, обусловленных нарушением кристаллической структуры, магнитными моментами ядер и другими причинами. Возможно также, что наблюдаемая релаксация в оксидах обусловлена нестабильностью диамагнитных соединений, образованных мезоатомом кислорода после завершения каскадной деполяризации. Выявлению механизма релаксационных явлений помогут дальнейшие исследования зависимости остаточной поляризации отрицательных мюонов в твердых телах от напряженности продольных и поперечных магнитных полей при разных температурах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич И.И. и др. ЭЧАЯ, 1977, 8, вып. 1, с.110.
2. Бабаев А.И. и др. ЯФ, 1969, 10, с.964.
3. Джуроев А.А. и др. ЖЭТФ, 1972, 62, с.1424.
4. Nagamiya S. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1975, 35, p.308;  
*Hyperfine Interaction*, 1976, 2, p.413.
5. Yamazaki T. e.a. *Physica Scripta*, 1975, 11, p.133;  
*Hyperfine Interaction*, 1976, 2, p.410; 1976, 2, p.407.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 сентября 1977 года.