

## НАБЛЮДЕНИЕ "МЕДЛЕННОЙ" РЕЛАКСАЦИИ СПИНА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ В ОКИСЛАХ

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

В работе сообщаются результаты наблюдения уменьшения во времени асимметрии углового распределения электронов распада мюонов в мезоатомах кислорода окислов.

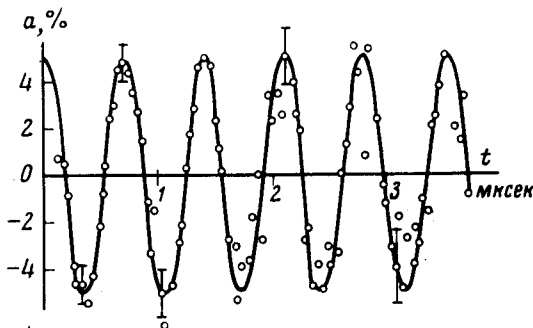
Изучению вещества с помощью мюонов в последние годы посвящен целый ряд экспериментов, в которых измеряется асимметрия в угловом распределении электронов распада мюонов по ларморовской прецессии спина мюона в поперечном (относительно направления спина) магнитном поле. Экспериментальные исследования твердого тела положительными мюонами 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 ее скорость окружающей мезоатомом среды, в частности, элементов с парамагнитной электронной оболочкой. Эксперименты выполнены на сепарированном мюонном пучке синхротронного ЛЯП ОИЯИ. Аппаратура для измерений и обработка результатов описана 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.

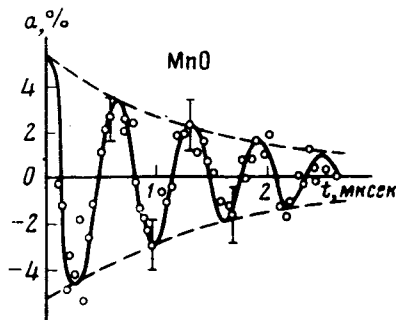
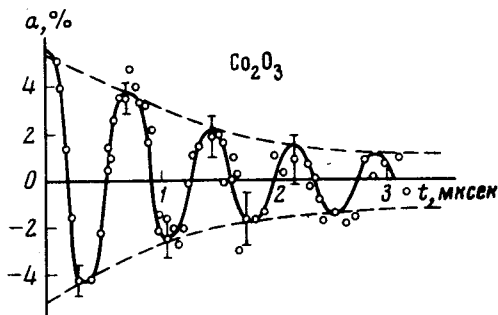
Электроны распада из мезоатома кислорода отделялись по времени жизни  $\tau_0$  от электронов распада из мезоатомов элементов со временем жизни  $\tau_3$ . В поперечном магнитном поле распределение электронов распада из кислорода во времени модулировано частотой ларморовской прецессии  $\omega = g_- H$  ( $g_-$  — гиромангнитное отношение  $\mu^-$ -мезона на К-оболочке мезоатома кислорода, близкое к значению для свободного мюона). Это распределение  $N(t)$  (после учета на ЭВМ фона, распада в мезоатомах со временем  $\tau_0$  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, отмеченные выше, и искомые значения  $a_0$  и  $T_p$ . При напряженности поля  $\sim 120$  э и времени наблюдения  $\sim 6$  мксек прослеживается  $\sim 8$  периодов прецессии и надежно регистрируются времена затухания от 0,4 до 8 мксек.



Экспериментальная зависимость  $a(t)$  в окислах  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  и графите в поперечном поле 120 э при комнатной температуре



Измеренная зависимость  $a(t)$  в мезоатомах кислорода  $\text{Co}_2\text{O}_3$  и  $\text{MnO}$  показана на рисунке, на котором видно уменьшение во времени амплитуды прецессии в этих окислах. Для сравнения также приведена зависимость  $a(t)$  для графита, в котором подобной релаксации не наблюдается. В таблице даны измеренные в окислах 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  $\text{MnO}$  хорошо согласуется с величиной [4]  $1,5^{+0,8}_{-0,4}$ , но значение  $a$  указаны [4] лишь приблизительно около 3%.

Оксид	$T_p$ , мксек	$a_0 a_C^{-1}$	$\bar{a} a_C^{-1}$
Комнатная температура			
$V_2O_3$	$3,8 \pm 1,1$	$0,63 \pm 0,08$	$0,39 \pm 0,03$
$MnO$	$1,5 \pm 0,4$	$1,10 \pm 0,19$	$0,42 \pm 0,06$
$Mn_2O_3$	$3,6 \pm 1,6$	$0,42 \pm 0,05$	$0,28 \pm 0,04$
$CoO$	$1,9 \pm 0,5$	$0,73 \pm 0,14$	$0,31 \pm 0,04$
$Co_2O_3$	$1,6 \pm 0,3$	$1,08 \pm 0,14$	$0,35 \pm 0,03$
$SeO_2$	$6,1 \pm 2,1$	$0,71 \pm 0,08$	$0,51 \pm 0,04$
$Sb_2O_3$	$4,2 \pm 2,5$	$0,59 \pm 0,14$	$0,39 \pm 0,05$
$Sb_2O_5$	$1,2 \pm 0,4$	$0,77 \pm 0,16$	$0,25 \pm 0,06$
Температура жидкого азота			
$V_2O_5$	$4,6 \pm 1,8$	$0,52 \pm 0,07$	$0,37 \pm 0,03$
$Co_2O_3$	$2,3 \pm 0,9$	$0,55 \pm 0,11$	$0,22 \pm 0,03$

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 ( $T_p < 0,1$  мксек), либо отсутствие указанной выше компенсации, либо наличие других механизмов в деполяризации, кроме каскадной.

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 диполяризации. Выяснению 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] И.И.Гуревич и др. *ЭЧАЯ*, 8, 110, 1977.
  - [2] А.И.Бабаев и др. *ЯФ*, 10, 964, 1969.
  - [3] А.А.Джураев и др. *ЖЭТФ*, 62, 1424, 1972.
  - [4] S.Naganiya et al. *Phys. Rev. Lett.*, 35, 308, 1975. *Hyperfine Interaction*, 2, 413, 1976.
  - [5] T.Yamazaki et al. *Physica Scripta*, 11, 133, 1975; *Hyperfine Interaction*, 2, 410, 1976; 2, 407, 1976.
-