

Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 436 – 439 5 октября 1971 г.

РЕЛАКСАЦИЯ СПИНА μ^+ -МЕЗОНА В ВЕЩЕСТВАХ С НАСЫЩЕННЫМИ СВЯЗЯМИ

*И. И. Гуревич, Е. А. Мелешко, И. А. Муратова,
Б. А. Никольский, В. С. Роганов, В. И. Селиванов,
Б. В. Соколов*

Согласно принятой в настоящее время теории [1 – 3] деполяризация μ^+ -мезона в веществе происходит из-за образования водородоподобного атома мюония. Образующийся мюоний может иметь спин $I = 0$ и $I = 1$. В случае поляризованных μ^+ -мезонов оба эти состояния образуются равновероятно. Образование мюония с $I = 0$ приводит к деполяризации μ^+ -мезона за время $t = 1/\omega_0 \approx 3,6 \cdot 10^{-11}$ сек, где ω_0 – частота сверхтонкого расщепления основного состояния мюония. При

образовании мюония с $I = 1$ μ^+ -мезон не деполяризуется. Из-за взаимодействия со средой электрон мюония может менять направление спина, что приводит к переходам $I = 1 \leftrightarrow I = 0$, которые ведут к дальнейшей деполяризации μ^+ -мезона. Мюониевый процесс деполяризации заканчивается при вступлении мюония в химическую связь с молекулами среды. Два не вычисляемые в теории параметра — время жизни мюония τ и частота ν деполяризации электрона мюония определяют остаточную к моменту окончания мюониевой стадии поляризацию $P_{\text{ост}}$ μ^+ -мезона в веществе. Очевидно, что с уменьшением τ $P_{\text{ост}}$ увеличивается. Зависимость $P_{\text{ост}}$ от ν имеет более сложный вид. При $\nu = 0$ поляризация $P(t)$ быстро за время t_0 уменьшается до $P_{\text{ост}} = 1/2$ и в дальнейшем остается постоянной. При увеличении ν при данном τ поляризация $P_{\text{ост}}$ сначала падает, достигая минимума при $\nu = \omega_0$, затем начинает расти и при $\nu > \omega_0$ стремится к единице [3].

В работе исследуется деполяризация μ^+ -мезона в предельных углеводородах (гексан, гентан, октан) и метиловом спирте — веществах с насыщенными связями. Можно предполагать, что время τ вступления мюония в химическую реакцию с молекулами этих веществ будет сравнительно велико. Большое время жизни мюония $\tau > 1/\omega_0$ при малых частотах $\nu \ll \omega_0$ должно приводить к полной деполяризации μ^+ -мезона в состоянии с $I = 0$, т. е. к $P_{\text{ост}} < 1/2$. Значения $\tau < 1/\omega_0$ и $\nu \ll \omega_0$ должны приводить, кроме того, к существенной зависимости остаточной поляризации $P_{\text{ост}}$ μ^+ -мезона от поперечного магнитного поля H_L [3]. Зависимость $P_{\text{ост}}(H_L)$ возникает из-за быстрой "мюониевой" прецессии спина μ^+ -мезона за время τ существования мюония. Спины отдельных μ^+ -мезонов "поворачиваются" при этом на различные углы, что приводит к уменьшению остаточной поляризации $P_{\text{ост}}$.

Эксперимент не подтвердил эти предположения (см. таблицу). Было найдено, что остаточная поляризация μ^+ -мезона в исследованных веществах превышает значение $P_{\text{ост}} = 1/2$ и не зависит от H_L . Такой результат согласуется с мюониевой теорией деполяризации μ^+ -мезона либо при $\tau < 1/\omega_0 = 3,6 \cdot 10^{-11}$ сек, либо при больших частотах $\nu > \omega_0$ [3].

Из таблицы видно, что остаточная поляризация $P_{\text{ост}}$ во всех исследованных веществах больше $1/2$. Можно предположить, что значения $P_{\text{ост}} > 1/2$ получаются из-за того, что часть атомов мюония вступает в химическую связь, не успев затормозиться до тепловых скоростей и сохранив, таким образом, исходную поляризацию μ^+ -мезона (реакции горячей химии). Если при этом для остальных (термализовавшихся) атомов мюония $\tau > 1/\omega_0$ и $\nu \ll \omega_0$, то несмотря на суммарное значение $P_{\text{ост}} > 1/2$ для данного вещества должно наблюдаться уменьшение $P_{\text{ост}}$ с ростом H_L . Из данных таблицы следует, что такой зависимости $P(H_L)$ не наблюдается. Не наблюдается также зависимости $P_{\text{ост}}(H_L)$ и при понижении температуры до -78°C . Таким образом, зависимость остаточной поляризации μ^+ -мезона от поперечного магнитного поля — $P_{\text{ост}}(H_L)$ в исследованных веществах с насыщенными связями обнаруживает те же закономерности, что и для ряда других веществ, рассмотренных в работе [4].

Из таблицы видно, далее, что для всех исследованных веществ понижение температуры до -78°C не приводит к изменению $P_{\text{ост}}$.

**Остаточная поляризация $P_{\text{ост}}$ μ^+ -мезона
в метиловом спирте и в предельных углеводородах
(гексан, гентан, октан)**

Вещество	$H, \text{ э}$	$T, ^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{ост}}$
Метиловый спирт (спектрально чистый)	50	20	$0,60 \pm 0,02$
	90	20	$0,61 \pm 0,03$
	3400	20	$0,62 \pm 0,05$
Гексан (спектраль- но чистый)	50	20	$0,62 \pm 0,03$
	100	20	$0,57 \pm 0,06$
	3400	20	$0,67 \pm 0,08$
	7	-78	$0,62 \pm 0,03$
	100	-78	$0,60 \pm 0,05$
	200	-78	$0,57 \pm 0,03$
Гентан (химиче- ски чистый)	100	20	$0,57 \pm 0,06$
	100	-78	$0,56 \pm 0,05$
	1400	-78	$0,60 \pm 0,04$
Октан (химически чистый)	100	-78	$0,52 \pm 0,05$

Работа выполнена на пучке поляризованных μ^+ -мезонов синхроциклотрона ОИЯИ. Остаточная поляризация $P_{\text{ост}}$ μ^+ -мезонов в веществе измерялась методом прецессии в поперечном магнитном поле [4].

Поступила в редакцию
20 августа 1971 г.

Литература

- [1] G.R.Lynch, J.Ogear, J.Rosendorf. Phys. Rev. Lett., 1, 471, 1958.
- [2] В.Г.Носов, Н.В.Яковлева. ЖЭТФ, 43, 1751, 1962.
- [3] И.Г.Ивантер, В.П.Смилга. ЖЭТФ, 54, 559, 1968.
- [4] И.И.Гуревич, Л.А.Макарына, Е.А.Мелешко, Б.А.Никольский,
Б.С.Роганов, В.И.Селиванов, Б.В.Соколов. ЖЭТФ, 54, 432, 1968.