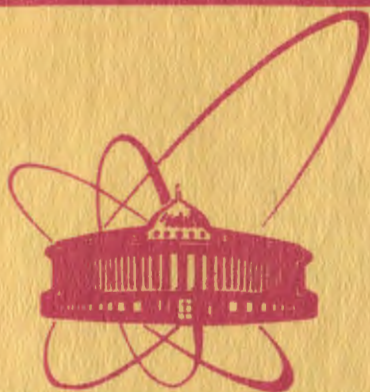


80-91

те
9/vi-80



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2466/2-80

P3-80-91

Ю.Ю.Косвинцев,* Ю.А.Кушнир,* В.И.Морозов,*
А.Д.Стойка, А.В.Стрелков, Г.И.Терехов*

НАБЛЮДЕНИЕ АНОМАЛИИ
ВО ВРЕМЕНИ ХРАНЕНИЯ
УЛЬРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ
В ГЕРМЕТИЧНЫХ СОСУДАХ
С ОБЕЗГАЖЕННЫМИ СТЕНКАМИ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

* Научно-исследовательский институт атомных реакторов им. В.И.Ленина, г.Димитровград.

1980

Результаты экспериментов по хранению ультрахолодных нейтронов /УХН/ в замкнутых сосудах в настоящее время представляют довольно противоречивую картину: с одной стороны, утечка УХН из сосудов осуществляется путем нагрева УХН^{/1,2/}, с другой - время хранения УХН почти не зависит от температуры стенок сосудов^{/3-5/}. Однако эти результаты могли быть объяснены аппаратными эффектами /массоперенос водородсодержащих примесей в негерметичных сосудах, неравномерность температуры и т.д./.

Предполагалось, что причиной нагрева и последующей утечки УХН через стенки сосуда является присутствие водородсодержащих загрязнений на поверхности стенок^{/6,7/}, в то же время более чистые, свежеконденсированные из различных металлов стенки не дают существенного уменьшения утечки^{/8/}. В сложившейся ситуации большой интерес представляет практическая реализация "чистых сосудов" для хранения УХН, заведомо не покрытых водородсодержащими пленками.

1. В предлагаемой работе УХН хранились в медном сосуде 1 /рис.1/ диаметром 50 см, высотой 24 см и толщиной стенки 2 мм. Внутренняя полость сосуда герметично отделялась от остальной вакуумной системы окном /2/ из Al-фольги толщиной 60 мкм.

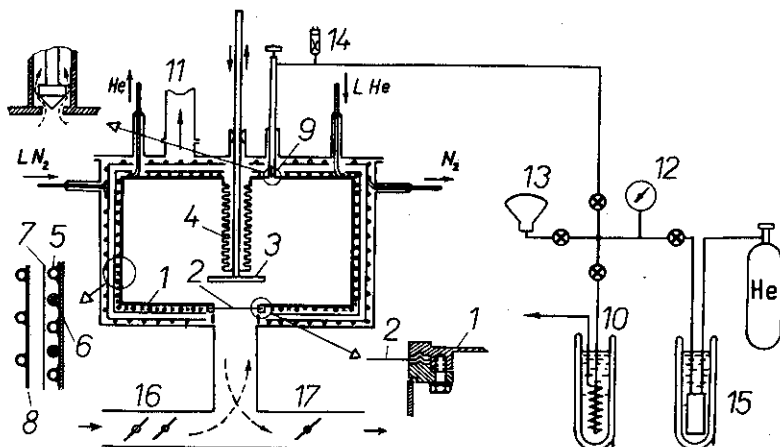


Рис. 1

Герметизация привода входной заслонки /3/ выполнена с помощью сильфона /4/. Охлаждение сосуда осуществлялось прокачкой по трубкам /5/ жидких N_2 и He, а нагрев - электрическими спиралями /6/. Специальный нагреватель имело и входное окно /2/. Пассивный /7/ и охлаждаемый экран /8/ обеспечивали надлежащую теплоизоляцию сосуда. Откачка сосуда происходила через вентиль /9/ и азотную ловушку /10/, соединенную с общей высоковакуумной системой /11/. Давление газа в сосуде измерялось манометром /12/, микроманометром /13/ и термпарным датчиком /14/. Для увеличения эффективности откачки применялись частые промывки в вязкостном режиме /9/ газообразным He высокой чистоты, поступающим от баллона через азотную ловушку /15/ с палладированным активированным углем.

В такой, сравнительно простой, системе хранение УХН осуществлялось в условиях сверхвакуумной гигиены, достигнутых путем применения: а/ температурного обезгаживания; б/ наружного вакуума; в/ большой скорости откачки с использованием балластного газа He, остаточное давление которого /менее 10^{-2} Торр/ не влияет на хранение УХН. Последнее утверждение было непосредственно проверено специальным опытом, в котором измерялось время жизни τ_{He} УХН в используемом гелии, показавшим $\tau_{He} = 330 \cdot P^{-1} / \text{Торр} \cdot \text{с}$, где P - давление He в Торр.

От источника УХН /10/ с помощью заслонок /3/, /16/, /17/ сосуд заполнялся ~50 шт. УХН. Время хранения τ_{ex} находилось путем подсчета детектором числа УХН, оставшихся в сосуде спустя некоторое варьируемое время выдержки.

2. Спектр хранящихся УХН определялся путем измерения зависимости числа накопленных в сосуде УХН от высоты подъема колена интегрального гравитационного спектрометра /11/, расположенного перед входом в сосуд /рис.2а/. Сплошная линия соответствует постоянной плотности УХН в фазовом пространстве

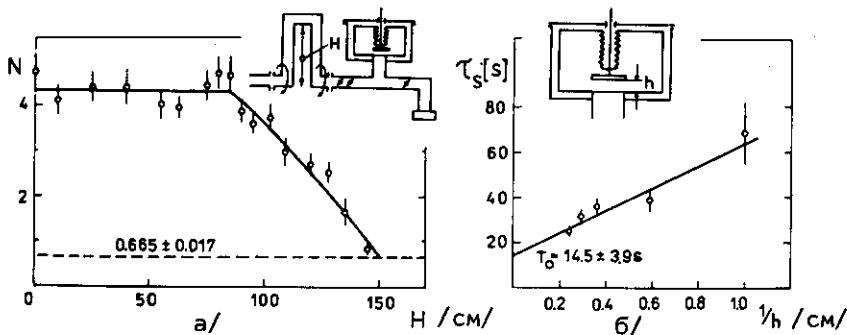


Рис. 2

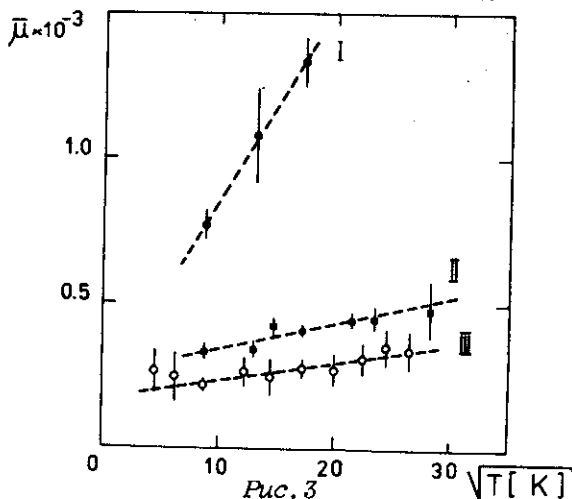
в диапазоне скоростей $3,43 \div 4,95$ м/с, а пунктирная - фону. Кроме того, средняя скорость хранящихся УХН определялась и по зависимости постоянной вытекания λ УХН из сосуда от высоты h подъема заслонки: $\lambda = r_s^{-1} + r_{ex}^{-1}$. Здесь r_s /рис.26/ соответствует газокинетическому выражению:

$$r_s = T_0 + [2\pi R h \gamma (\bar{V})]^{-1},$$

где T_0 - время вытекания УХН в отсутствие системы "заслонка - фольга", R - радиус заслонки, а $\gamma(\bar{V})$ - коэффициент пропускания системы "заслонка - фольга", зависящий от средней скорости \bar{V} спектра УХН. Полученное таким образом значение $\bar{V} = 4,70^{+0,36}_{-0,25}$ м/с.

Экспериментально было показано, что r_s не зависит от температуры /80 ÷ 700 К/ входного окна /2/; не наблюдалось и зависимости r_{ex} от температуры окна при фиксированной температуре всего остального сосуда, что указывает на постоянство \bar{V} во всех этих случаях.

3. Измерения r_{ex} в диапазоне температур /80 ÷ 300/ К в сосуде с электрополированной медной поверхностью показали сильную температурную зависимость /рис.3-1/. Затем сосуд нагревался с постоянно включенной откачкой и частыми промывками He. По мере обезгаживания стенок наблюдалось существенное возрастание r_{ex} /при 300 К/ с ростом температуры до 600 К, что, вероятно, связано с очисткой поверхности от адсорбированных молекул. Свыше 600 К начинается выделение газов, адсорбированных в толще металла стенки, особенно водорода /12/ и не было замечено изменения r_{ex} /при 300 К/. Максимальная температура обезгаживания - 800 К поддерживалась в течение 6 ч.



Средний коэффициент потери УХН при одном столкновении выражается: $\mu = (\tau_{\text{ex}}^{-1} - \tau_{\beta}^{-1}) \nu^{-1}$, где $\tau_{\beta} = 918$ с - постоянная β -распада нейтрона, $\nu = 23,3$ с⁻¹ - средняя частота ударов УХН о стенки сосуда. Температурная зависимость $\bar{\mu}$ /рис. 3, II / измерялась после обезгаживания в герметичном сосуде /при закрытом вентиле 9/.

4. Вторая серия измерений τ_{ex} проводилась в этом же сосуде с напыленным на него изнутри слоем бериллия толщиной 0,35 мкм, чистотой 99,7%. По мере обезгаживания наблюдалось значительное увеличение τ_{ex} /при 300 К/ вплоть до температуры 800 К, вероятно, связанное с более сильной адсорбцией газов на такой поверхности. Обезгаживание продолжалось 12 ч при $T=800$ К, затем при закрытом вентиле 9 измерялась зависимость $\bar{\mu}$ от температуры, представленная на рис. 3, III. Напуск атмосферного воздуха в медные обезгаженные сосуды на 2 недели не вызвал заметного уменьшения τ_{ex} , однако в Ве-сосуде после двухсуточного контакта с атмосферой τ_{ex} уменьшилось в 2 раза и восстановилось после обезгаживания.

5. Чтобы проверить, не осталось ли на поверхности сосудов после обезгаживания загрязнений, наличием которых можно было бы объяснить аномально большую утечку УХН /нагрев, захват/, в качестве стенок, отражающих УХН, использовались конденсированные D₂O и CO₂ при температуре 80 К. Полученные значения $\bar{\mu}$, соответственно /2,57±0,52 и 2,73±0,33/ · 10⁻⁴ не отличаются в пределах ошибок от $\bar{\mu}$ для Cu и Ве при той же температуре. С этой же целью осуществлялись условия для изотопного замещения водорода /возможно, находящегося на поверхности/ дейтерием путем обработки обезгаженной медной поверхности парами /~25 Торр/ D₂O при $T=600$ К. Изменения τ_{ex} не наблюдались. Не было замечено эффекта и после обработки этой поверхности парами D₂O в присутствии добавок щелочи NaOD или кислот DNO₃, D₂SO₄, значительно интенсифицирующих процессы изотопного замещения. Однако интерпретация этих результатов затруднена по причине того, что поверхность сосуда, вероятно, в этих случаях покрыта существенным количеством продуктов химических реакций меди с вводимыми реактивами.

6. Используя известные сечения неупругих процессов для Cu и Ве в тепловой области, можно оценить $\bar{\mu}$ /при 300 К/ для данного сосуда: 1,6 · 10⁻⁴ для Cu и 4,5 · 10⁻⁶ для Ве. Вклад неупругого рассеяния УХН на стенках сосуда при высоких температурах не превышает ~10⁻⁶ /13/ и не может объяснить даже слабой температурной зависимости $\bar{\mu}$, замеченной в этом эксперименте /особенно для Cu /. Наблюдаемая и в обезгаженных сосудах большая утечка УХН, слабо зависящая от температуры и практически не зависящая

от процесса дейтерирования и покрытия стенок конденсированными D_2O и CO_2 , ставит под сомнение существование нагрева УХН на водородсодержащих загрязнениях как причины аномально малого времени хранения УХН.

Авторы благодарны В.П.Алфименкову и Е.Н.Кулагину за помощь при выполнении эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелков А.В., Хетцельт М. ЖЭТФ, 1978, 74, с.23.
2. Stoica A.D., Strelkov A.V., Hetzelt M. Z.Physik, 1978, B29, p.349.
3. Luschnikov V.I. Physics Today, 1977, 30, 6, p.42.
4. Лушиков В.И. и др. Препринт ИАЭ-3066, М., 1978.
5. Франк И.М. ОИЯИ, РЗ-12829, Дубна, 1979.
6. Lanford W.A., Golub R. Phys.Rev.Lett., 1977, 39, p.1509.
7. Schekenhofer H., Steyerl A. Phys.Rev. Lett., 1977, 39, p.1310.
8. Косвинцев Ю.Ю. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, 3, с.164.
9. Дэшман С. Научные основы вакуумной техники. ИЛ, М., 1950.
10. Kosvintsev Yu.Yu. et al. Nucl.Instr.&Meth., 1977, 143, p.1932.
11. Groshev L.V. et al. Phys.Lett., 1971, 34B, p.293.
12. Малеев М.Д. ЖТФ, 1972, 42, 12, с.2589.
13. Holas A. phys.stat.sol.(b), 1977, 81, K107.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 февраля 1980 года.