

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ42Г2

Т-19

3/III 75

P3 - 8442

784/2-75

Ю.В.Таран

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА НЕЙТРОНА
С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ

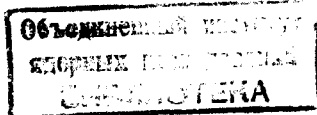
1974

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

РЗ - 8442

Ю.В.Таран

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА НЕЙТРОНА
С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ



В 1968 году Ф.Л.Шапиро^{/1/} предложил использовать ультрахолодные нейтроны /УХН/ с целью повышения чувствительности установок для измерения электрического дипольного момента /ЭДМ/ нейтрона. Согласно^{/2/}, наибольшей чувствительностью должны обладать установки в так называемом "накопительном" варианте. Внутри такой установки имеется камера, в которую периодически напускаются поляризованные УХН. В ней они выдерживаются в течение нескольких десятков секунд под действием магнитных и электрических полей и затем выпускаются через анализатор поляризации на детектор. По условиям эксперимента магнитные моменты выходящих нейтронов прецессируют в плоскости, перпендикулярной стационарному магнитному полю установки, так что их поляризация равна нулю. В этом случае анализатор пропустит на детектор только половину выходящих УХН /предполагаем эффективность анализатора равной 1/. Судьба второй половины зависит от конкретного типа анализатора.

В анализаторе в виде отрезка нейтронотода вторая половина УХН поглотится в его стенках. В анализаторе на пропускание с использованием тонкой ферромагнитной пленки вторая половина отразится обратно и окажется практически запертой в объеме, создаваемом камерой и отрезком транспортного нейтронотода между камерой и анализатором. Отметим, что оставление этих УХН на следующий цикл наполнения камеры нежелательно, так как они обладают противоположной поляризацией по отношению к напускаемым нейтронам. Для удаления этих отра-

женных УХН предлагается устанавливать специальные поглотители^{3/}. Однако в обоих типах анализаторов вторая половина УХН в эксперименте не используется. Между тем она содержит ту же информацию об ЭДМ, что и первая половина, но с противоположным знаком.

Действительно, эффект в счете детектора от реверса электрического поля $\epsilon_i \approx D \cdot f_n^{II} \cdot f_{n,i}^A / 2$, где D - величина ЭДМ, f_n^{II} - поляризация УХН после поляризатора, $f_{n,i}^A$ - поляризация УХН, прошедших через анализатор ($i=1$) или отраженных от него ($i=2$), при условии, что на анализатор падают неполяризованные УХН. Так как поляризации $f_{n,1}^A$ и $f_{n,2}^A$ противоположны по знаку, то и знаки эффектов ϵ_1 и ϵ_2 от этих нейтронов, если сосчитать их отдельно, будут разные. Такую отдельную регистрацию УХН можно осуществить, например, в анализаторе с использованием тонкой ферромагнитной пленки. Последняя должна убираться после регистрации УХН, пропущенных анализатором /первая половина/. Оставшиеся УХН /вторая половина/ свободно вытекут на детектор. Тем самым количество отсчетов N за фиксированное время измерения может быть заметно увеличено, что равносильно увеличению чувствительности установки /ошибка измерения $\Delta D \approx 1/\sqrt{N}$ /.

Оценим реальный выигрыш на примере установки "Тристом"^{2,4/}, схематическое изображение которой дано на рис. 1, а необходимые параметры сообщаются в подписи к рисунку. Если обозначить число УХН, напущенных в камеру, через N_0 , то в конце выдержки их останется $N = N_0 \exp(-t/\tau)$, где τ - время жизни УХН в камере. Детектор считает $J_g \approx \frac{1}{2} k \mu_g R_{II} R_H N$, где μ_g - эффективность детектора, R_{II} и R_H - пропускания поляризатора и транспортного нейтронвода соответственно, k - коэффициент, отражающий конечное время вытекания УХН / $k < 1$ /. Так как вытекание происходит по экспоненциальному закону, то через некоторое время $t' \gg \tau_b$, где τ_b - постоянная вытекания, в камере останутся только нейтроны с проекцией спина, которые анализатор не пропускает и опять возвращает в камеру. Если теперь анализатор убрать, то детектор зарегистрирует $J'_g \approx \frac{1}{2} k \mu_g R_H N \exp(-t'/\tau) = J_g \exp(-t'/\tau) / R_{II}$. Полагая для поля-

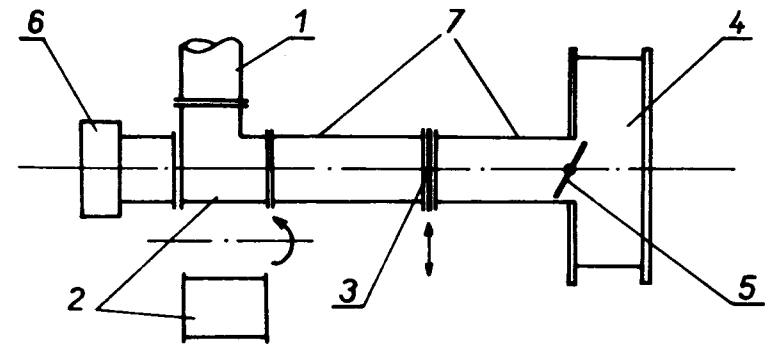


Рис. 1. Схематическое изображение установки "Тристом" /горизонтальное сечение/: 1 - канал УХН от реактора, 2 - напускной шиббер, 3 - поляризатор, 4 - накопительная камера, диаметр 50 см, длина 10 см, для поверхности с $\mu_k = 10^{-3}$ время жизни $\tau = 28$ сек^{6/}, 5 - камерная заслонка, 6 - детектор, 7 - транспортный нейтронвод, диаметр 14 см, длина 2 м, постоянная вытекания $\tau_b = 2$ сек /расчет методом Монте-Карло для зеркального нейтронвода, характер отражения в камере несущественен/.

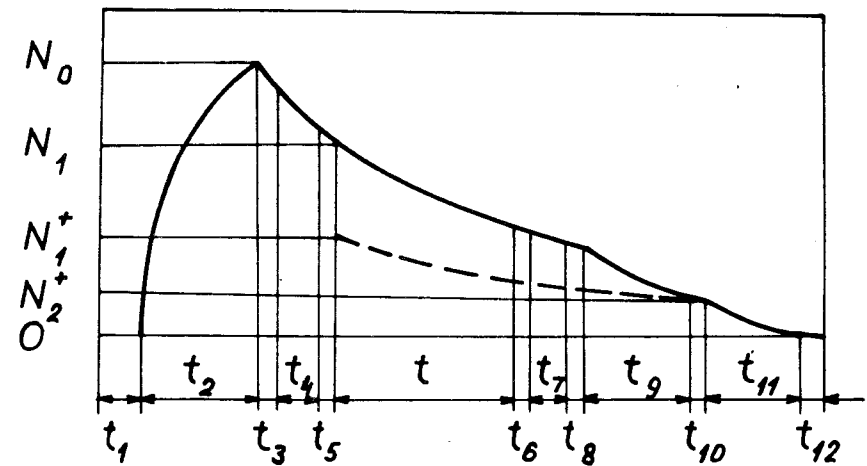


Рис. 2. Временная диаграмма половины цикла работы установки "Тристом": описание временных интервалов содержится в^{6/}, t_{10} - время удаления поляризатора, t_{11} - время вытекания УХН ($t_9 \approx t_{11}$), t_{12} - время возвращения поляризатора.

ризатора из железной фольги толщиной 10 мк $R_{II} \approx 0,8^{5/}$ и $t' = 2,5\tau_b$, что обеспечивает вытекание не менее 95% УХН, получим $J'_g \approx J_g$, т.е. удвоение статистики, что при заданной точности эксперимента в два раза сокращает его длительность - немаловажное обстоятельство при многомесячных измерениях.

Введение в установку еще одного механического узла - железной фольги на подвижной рамке - в добавление к уже имеющимся двум механическим узлам /напускной шиббер и камерная заслонка, см. рис. 1/ несколько усложняет ее. Соответственно изменится и цикл работы установки, рассмотренный в^{6/}. При этом несколько увеличится время выдержки t УХН в камере за счет роста затрат времени на технологические операции $t_p = \sum_{i=1}^{12} t_i^{6/}$ /рис. 2/.

В^{2/} было показано, что накопительный вариант в ≈ 3 раза чувствительнее "проточного". При использовании подвижного поляризатора отличие возрастает до ≈ 4 раз.

Литература

1. Ф.Л.Шапиро. УФН, 95, 146 /1968/.
2. Ю.В.Таран. Сообщение ОИЯИ, P3- 7147, P3- 7149, Дубна, 1973.
3. P.D.Miller. Summary of a Seminar on UCN at ILL Grenoble, 2-3 April 1973 (prepared by R.Golub and J.M.Pendlebury).
4. Ю.В.Таран. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-3- 7151, Дубна, 1973.
5. А.И.Егоров и др. ЯФ, 19, 300 /1974/.
6. Ю.В.Таран. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-13-8441, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 декабря 1974 года.