

При полном потоке нейтронов $\Phi = 10^{14}$ нейтрон/см²·с, характерном для обычного исследовательского ядерного реактора, поток У. н. составит 600 нейтрон/см²·с, а их плотность в установленной рядом с замедлителем ловушке $\rho = 16\Phi_{\text{н}}/3v = 0,54$ нейтрон/см³. В медной ловушке объёмом ~ 1 л может быть накоплено ок. 500 нейтронов, после чего ловушку можно вынуть из реактора и зарегистрировать накопленные нейтроны в низкофоновом помещении. Такой способ получения У. н. носит демонстрац. характер и при своей реализации наталкивается на техн. трудности, связанные с созданием механич. затворов и высокой активацией ловушки вблизи активной зоны реактора.

Более простой способ извлечения У. н. из реактора — их вывод от замедлителя за биол. защиту реактора по изогнутому вакуумированному нейтроноводу (рис. 2). В нач. части нейтроновода устанавливается дополнит. замедлитель-конвертор У. н., назначение к-рого состоит в регенерации У. н. из тепловых нейтронов, облучающих конвертор, по-

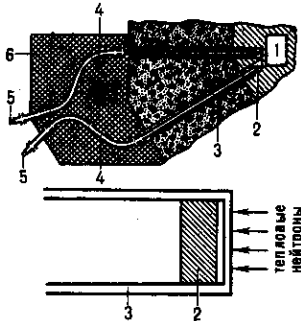


Рис. 2. Получение ультрахолодных нейтронов (горизонтальные каналы): 1 — активная зона реактора; 2 — конвертор внутри нейтроновода; 3 — изогнутые участки нейтроновода; 4 — детектор нейтронов; 5 — детектор нейтронов; 6 — защита. Внизу показано расположение конвертора в нейтроноводу.

скольку непосредственно из внеш. осн. замедлителя внутрь герметичного нейтроновода У. н. пройти не могут. Для регенерации У. н. необходим конвертор из материала с $\delta_{\text{гр}} \leq 0$ и толщиной порядка длины свободного пробега У. н. в материале конвертора:

$$l = 1/N\sigma_{\text{полн}},$$

где N — плотность ядер в конверторе. Для водородосодержащих веществ $l \leq 1$ мм. Поэтому конвертор представляет собой пластину толщиной ~ 1 мм. Небольшие размеры конвертора позволяют охладить его до азотной (77 К) или даже гелиевой (4,2 К) темп-ры, тем самым увеличивая выход У. н. в десятки раз. Выбор материала для конвертора представляет особую задачу, поскольку этот материал должен удовлетворять ряду требований: иметь малый эфф. потенциал, низкое сечение захвата нейтронов, высокую радиационную стойкость материалов. Хорошими материалами для конверторов являются гидрид Zr, тяжёлый лёд, а также жидкие водород и дейтерий.

Изогнутая форма нейтроновода, изготовляемого из электрополированных медных или нержавеющей стальных труб диам. ~ 100 мм, позволяет отфильтровывать У. н. от высокого фона быстрых и тепловых нейтронов реактора. Необходимый вакуум в нейтроновод составляет 10^{-4} мм рт. ст. Можно получить нейтроновод с пропусканием нейтронов 10—30% при полной длине ~ 10 м. Хорошо полированные нейтроноводы с высокой зеркальностью (0,99) необходимы для вертикальных или наклонных каналов У. н., в к-рых используется частичное замедление нейтронов гравитац. полем или замедление очень холодных нейтронов (со скоростями 50—100 м/с) спец. механич. системами (турбинами).

Время хранения У. н. в замкнутых сосудах ограничено временем жизни свободного нейтрона до β -распада ($T_{\beta} = 887$ с; см. Бета-распад нейтрона), а также процессами радиационного захвата и неупругого рассеяния нейтронов при отражении от стенок сосуда. Практически в сосуде объёмом 50 л можно накопить 10^5 нейтронов и получить время хранения ~ 500 —800 с.

У. н. используются для исследования ряда характеристик свободного нейтрона: времени жизни до β -распада,

измерения корреляций при распаде нейтрона, поиска электрич. дипольного момента и возможного электрич. заряда нейтрона. На рис. 3 приведена схема установки для поиска

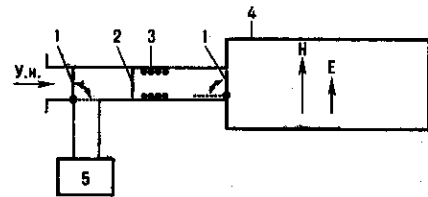


Рис. 3. Схема эксперимента по поиску электрического дипольного момента нейтрона: 1 — клапаны впуска и выпуска нейтронов; 2 — поляризатор; 3 — контур спинового ротатора; 4 — камера хранения; 5 — детектор.

электрич. дипольного момента нейтрона. У. н. последовательно проходят через поляризатор (см. Поляризованные нейтроны), радиочастотный спиновый ротатор, поворачивающий спины нейтронов на 90° , и попадают в камеру хранения, где прецессируют с ларморовской частотой $\omega_L = \mu H/\hbar$ в приложенном магн. поле H (μ — магн. момент нейтрона). Параллельно магн. полю накладывается и электрич. поле E . При наличии у нейтрона электрич. дипольного момента d_e частота прецессии должна измениться на величину $\omega_d = \pm d_e E/\hbar$ в зависимости от знака приложенного электрич. поля. За время T хранения нейтронов в камере дополнит. фазовый сдвиг угла прецессии составит $\delta\phi = \omega_d T$. Выходя из камеры, нейтроны снова проходят через спиновый ротатор и поляризатор, после чего регистрируются детектором. Кол-во зарегистрированных нейтронов зависит от величины фазового сдвига $\delta\phi$ и будет максимальным при совпадении частоты спинового ротатора с частотой прецессии нейтронов в камере. Точность определения частоты прецессии обратно пропорциональна времени пребывания нейтронов в камере, к-рое для У. н. может достигать времени жизни нейтрона до бета-распада. Полученный с помощью У. н. верх. предел возможного дипольного момента нейтрона составляет $d_e \leq 10^{-25} e \cdot \text{см}$ (e — заряд электрона).

Др. областями применения У. н. являются изучение свойств поверхностей разл. материалов, а также создание нейтронного микроскопа (см. Нейтронная оптика).

Лит.: Шапиро Ф. Л., Собрание трудов, [кн. 2]. Нейтронные исследования, М., 1976; Игнатович В. К., Физика ультрахолодных нейтронов, М., 1986.

В. И. Луцковский.

УМОВА ВЕКТОР — вектор плотности потока энергии физ. поля; численно равен энергии, переносимой в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения энергии в данной точке. Назван по имени Н. А. Умова, к-рый впервые (1874) ввёл понятие о потоке энергии в сплошной среде. Вектор плотности потока энергии эл.-магн. поля наз. *Пойнтинга вектором*.

УНИПОЛЯРНАЯ ИНДУКЦИЯ — частный случай электромагнитной индукции; возникает при вращении проводящих тел, обладающих собств. намагниченностью либо помещённых во внеш. магн. поле. Традиц. схема опыта, иллюстрирующая У. и., приведена на рис. К вращающемуся с пост. угл. скоростью Ω однородно намагниченному проводящему цилиндру при помощи двух скользящих контактов (O — на оси и C — на образующей цилиндра) и неподвижных проводов подсоединён вольтметр (V), измеряющий наводимую в замкнутой цепи эдс. Если вольтметр идеальный, т.е. имеет бесконечное внутр. сопротивление, ток в цепи отсутствует и *Лоренца сила*, действующая на подвижные носители заряда в цилиндре, равна нулю:

$$eE(r) + \frac{e}{c}[v(r)B] = 0, \quad (*)$$

где r — расстояние от оси вращения до точки наблюдения (вектор r направлен от оси); $v(r) = [\Omega r]$ — скорость точки наблюдения; B — вектор магн. индукции, к-рый в нереля-