

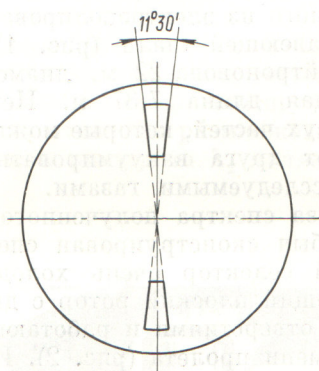
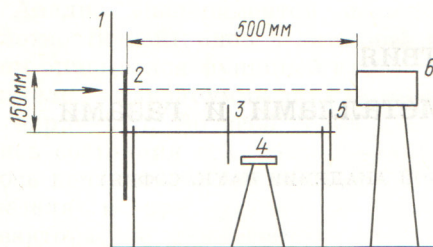


Рис. 2. Механический селектор очень холодных нейтронов: 1 — защитный экран; 2 — плоский ротор с двумя пропускающими отверстиями; 3, 4 — системы для получения запускающего сигнала; 5 — диск для закрепления второго ротора; 6 — детектор очень холодных нейтронов

анализатора. Использовались обе части его памяти, каждая из 200 каналов, ширина канала 102,4 мс.

Суммарный поток очень холодных нейтронов, падающих на образец, составлял 50 имп./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$. Дополнительные опыты для смягчения спектра или увеличения существующего потока при помощи разных конвертеров не дали результата, так как эти конвертеры (графит, алюминий, проточная дистиллированная вода), расположенные на дне нейтроновода, не подвергались охлаждению.

Исследование сечения взаимодействия с металлами. Эксперименты по пропусканию пучка очень холодных нейтронов через металлический образец проводились при двух разных положениях исследуемых пластинок.

1. Пластинка неподвижно прикреплялась непосредственно на отверстие нейтроновода перед защитным экраном селектора. Пучок измерялся без образца и с образцом, результаты сопоставлялись.

2. Пластинка с подходящим профилем прикреплялась на одно из отверстий ротора и вращалась вместе с ним. В анализаторе регистри-

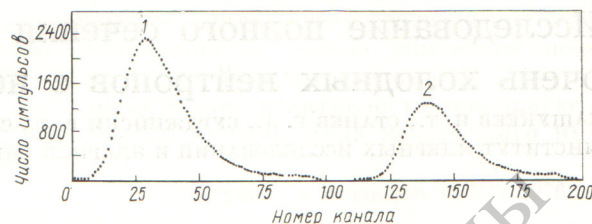


Рис. 3. Пики, соответствующие обоим отверстиям ротора механического селектора (серебро, $d = 0,128$ мм, $t = 120$ мм)

ровались одновременно два пика (рис. 3), соответствующие обоим отверстиям — спектры пучка без образца (1) и с образцом (2).

Измерения при обеих конфигурациях образца не обнаружили различий в сечениях вне пределов погрешности, как это видно из результатов для меди и никеля (см. таблицу), вследствие чего оба метода оказались одинаково пригодными для работы в данных условиях. В обоих случаях угол, под которым детектор видел с местоположения образца, составлял $\sim 10^\circ$.

При всех измерениях рециклические нейтроны не наблюдались, как это видно из рис. 3, так как нейтронов со скоростью ниже 50 м/с в используемом пучке не было.

Значения сечений взаимодействия нейтронов с металлами при $v = 100$ м/с, б

Металлы	σ_t^*	σ_a (BNL) **
Ag (1; 1) ***	1356 ± 120	1360
In (2; 1)	4080 ± 370	4180
Cu (2; 1) техническая	82 ± 8	81
Cu (1; 1)	84 ± 8	81
Cu (2; 1) электрополированная техническая	70 ± 7	81
Ni (1; 1)	140 ± 15	100
Ni (2; 1)	145 ± 14	100
Fe (1; 1)	92 ± 10	56
Mo (1; 2)	194 ± 20	55
Mo (1; 3)	203 ± 22	55

* Измеренное полное сечение взаимодействия нейтронов с образцом.

** Вычисленное по закону $1/v$ сечение поглощения нейтронов металлами.

*** Цифры в скобках обозначают: первая — неподвижный (1) и вращающийся (2) образец; вторая — число пластинок в образце.

Фон определялся путем усреднения числа импульсов по всем каналам, в которых счет импульсов распределен статистически равномерно (не меньше ста каналов), и по всему спектру при измерениях, когда все пропускающие отверстия ротора селектора были закрыты кадмиевыми экранами. Оказалось, что результаты определения фона этими способами совпадают и равны всего 0,004 имп./с на один канал анализатора.

Статистические погрешности, с которыми приведены результаты измерения полных сечений, вычислены при указанных условиях эксперимента: при разбросе нейтронов по углам в пучке 2° и неопределенности длины базы пролета селектора (из-за толщины детектора) 0,05 м. Эти оценки заметно превышают статистический разброс результатов, так как, по-видимому, эффективная глубина проникновения нейтронов в детектор меньше, чем его толщина.

Интервал скорости нейтронов, для которого приводятся результаты, выбран из более широкого интервала скоростей получаемых нейтронов, поскольку для этого интервала статистические погрешности малы. Надежность результатов снижается для нейтронов несколько меньшей скорости вследствие очень малой интенсивности, для нейтронов с более высокими скоростями — из-за ухудшения разрешающей способности спектрометра с ростом скорости нейтронов. Для исследования взаимодействия нейтронов меньшей скорости сооружается специальный канал.

Чтобы выяснить роль поверхностных когерентных эффектов для исследованного интервала скорости, были проведены измерения, при которых варьировалось число пластинок одного и того же металла. Если эти эффекты играют какую-то роль в данном случае, то результаты зависели бы от числа пластинок, т. е. от числа отражающих поверхностей. Как видно из таблицы, измерения с двумя и тремя пластинками молибдена дают практически совпадающие результаты.

Для исследования сечения поглощения и сечения некогерентного рассеяния изучались две группы металлов. Металлы, у которых сечение поглощения тепловых нейтронов во много раз превышает сечение некогерентного рассеяния (Ag, In, Cu), и металлы, у которых сечение некогерентного рассеяния соизмеримо с сечением поглощения тепловых нейтронов (Ni, Fe, Mo).

На рис. 4, а и б представлена зависимость полного сечения взаимодействия нейтронов в ин-

тервале скорости 100—250 м/с от длины их волны. Видно, что для обеих групп металлов эта зависимость линейна, т. е. сечение взаимодействия зависит от скорости нейтронов, согласно закону $1/v$:

$$\sigma(v) = a + b/v. \quad (1)$$

Полные сечения для слабопоглощающих металлов (см. рис. 4, а) приобретают при экстраполяции $\lambda \rightarrow 0$ отрицательные значения, но они, как и для металлов с большим сечением захвата (см. рис. 4, б), находятся в пределах статистических погрешностей. Такую экстраполяцию, однако, вряд ли следует делать вследствие множества различных процессов взаимодействия

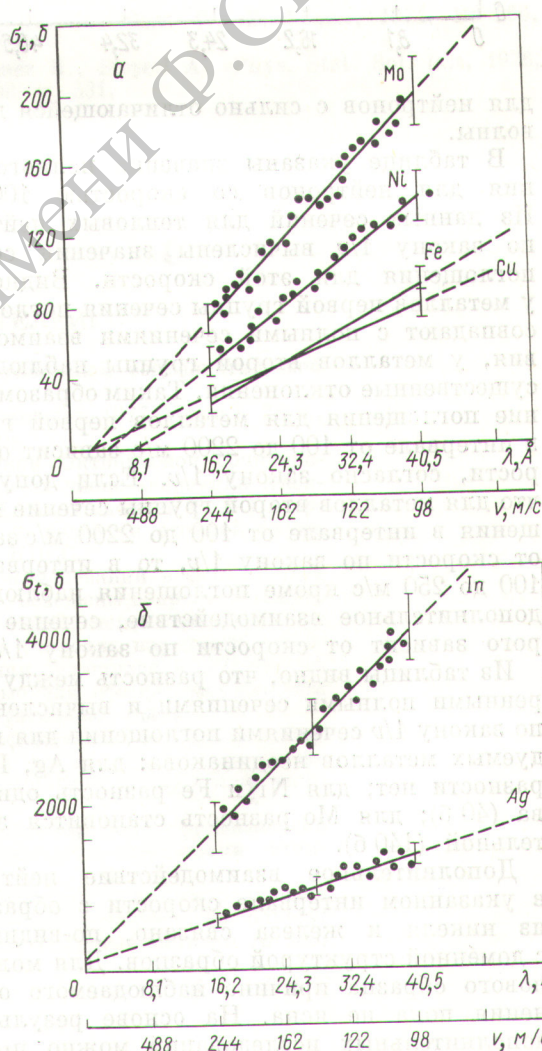
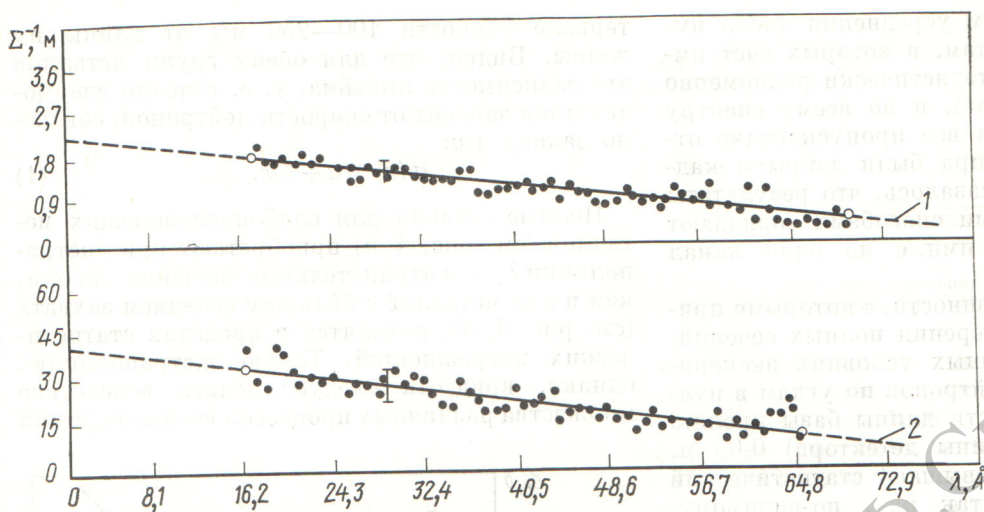


Рис. 4. Зависимость полного сечения взаимодействия очень холодных нейтронов с некоторыми металлами от длины нейтронной волны



Р и с. 5. Зависимость длины свободного пробега очень холодных нейтронов от длины нейтронной волны:

1 — азот заполняет трубу между ротором селектора и детектором; 2 — аргон заполняет наружную часть нейтроновода (давление газа 760 мм. рт. ст.)

для нейтронов с сильно отличающейся длиной волны.

В таблице указаны значения полного сечения для нейтронов со скоростью 100 м/с. Из данных сечений для тепловых нейтронов по закону $1/v$ вычислены значения сечений поглощения для этой скорости. Видно, что у металлов первой группы сечения поглощения совпадают с полными сечениями взаимодействия, у металлов второй группы наблюдаются существенные отклонения. Таким образом, сечение поглощения для металлов первой группы в интервале от 100 до 2200 м/с зависит от скорости, согласно закону $1/v$. Если допустить, что для металлов второй группы сечение поглощения в интервале от 100 до 2200 м/с зависит от скорости по закону $1/v$, то в интервале от 100 до 250 м/с кроме поглощения наблюдается дополнительное взаимодействие, сечение которого зависит от скорости по закону $1/v$.

Из таблицы видно, что разность между измеренными полными сечениями и вычисленными по закону $1/v$ сечениями поглощения для исследуемых металлов неодинакова: для Ag, In, Cu разности нет; для Ni и Fe разность одинакова (40 б); для Mo разность становится значительной (140 б).

Дополнительное взаимодействие нейтронов в указанном интервале скорости с образцами из никеля и железа связано, по-видимому, с доменной структурой образцов. Для молибденового образца причина наблюдаемого отклонения пока не ясна. На основе результатов дополнительных исследований можно предположить, что причиной увеличения полного сечения взаимодействия нейтронов с образцом

молибдена является рассеяние нейтронов на малые углы неоднородностями образца. Однако это рассеяние должно зависеть от скорости нейтронов по закону $1/v$ в исследуемом интервале скорости и наблюдаться на заметно больших углах в соответствии с характеристиками экспериментальной установки.

Следует отметить, что измеренные значения полного сечения для меди и никеля хорошо совпадают в указанном интервале скоростей со значениями, полученными в работах [5–7].

Данные, приведенные в таблице, получены для образцов металлов чистотой 99,95%. Исследованы были также некоторые образцы из меди, никеля и железа технической чистоты, однако полученные результаты существенно не отличались от результатов для металлов с повышенной чистотой.

Исследование полного сечения взаимодействия очень холодных нейтронов с газами. Исследования с газами проводились с применением двух способов расположения газовой мишени. Газом наполнялись прямая труба с неотражающими стенками, расположенная между ротором селектора и детектором, и наружная часть трубы нейтроновода. В этом случае геометрия эксперимента сравнительно хороша, но на результаты могло бы повлиять возможное изменение коэффициента отражения нейтронов от стенок нейтроновода в присутствии исследуемого газа.

На рис. 5 представлена зависимость длины свободного пробега нейтронов в азоте и аргоне (давление 760 мм рт. ст.) от длины нейтронной волны. Полное сечение взаимодействия зависит от скорости нейтронов, согласно гиперболиче-

закону:

$$\sigma(v) = (c - d/v)^{-1}. \quad (2)$$

Величина $u = 2d/NL$ (где N — ядерная плотность газа; L — длина трубы) одинакова по значению со средней квадратической скоростью молекул газа.

Следует отметить, что полное сечение взаимодействия нейтронов с газами при более малых скоростях нейтронов отклоняется, по-видимому, от зависимости (2).

Дальнейшие исследования будут проводиться для различных температур газовой мишени и для газов с существенными различиями в молекулярном весе.

Авторы считают своим приятным долгом искренне поблагодарить А. В. Антонова, В. М. Лобашова, И. М. Франка, Хр. Я. Христова за стимулирующий интерес к работе;

В. В. Голикова, В. И. Лущикова, А. В. Стрелкова, Ю. В. Таран — за полезное обсуждение результатов.

Поступила в Редакцию 26/IV 1976 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапиро Ф. Л. Препринт ОИЯИ РЗ-7135. Дубна, 1973.
2. Грошев Л. В. и др. Препринт ОИЯИ РЗ-5392. Дубна, 1970.
3. Грошев Л. В. и др. Препринт ОИЯИ РЗ-7282. Дубна, 1973.
4. Франк И. М. Препринт ОИЯИ РЗ-7810, Дубна, 1974.
5. Steyerl A., Wonach H. «Z. Phys.», 1972, Bd 250, S. 166.
6. Dilg W., Mannhart W. «Z. Phys.», 1974, Bd 266, S. 157.
7. Lerner R., Steyerl A. «Phys. Stat. Sol. (a)», 1976, v. 33, p. 531.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

В 1977 году к 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции выйдет в свет книга

Атомная наука и техника в СССР. М., Атомиздат, 1977 (III кв.), 28 л., 10 000 экз., 4 р. 90 к. В пер., улучш. оформ.

В книге, посвященной 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции, ряд крупных ученых (в их числе академики Александров А. П., Велихов Е. П., Доллежал Н. А., Кадомцев Б. Б.) и организаторов промышленности рассказывают о развитии атомной науки и техники в свете решений XXV съезда КПСС.

Раскрыты проблемы фундаментальных исследований в физике ядра и элементарных частиц, физике твердого тела; освещены вопросы развития ядерной энергетики, термоядерных исследований, использования атомной энергии в космосе, на флоте и в других отраслях народного хозяйства, технологии атомного сырья и получения делящихся и реакторных материалов; описаны меры, предпринимаемые для обеспечения ядерной и радиационной безопасности, защиты окружающей среды.

Особое внимание привлекают главы, посвященные международному сотрудничеству, борьбе прогрессивных сил за мирное использование освобожденной энергии атома — этого величайшего достижения человеческого разума.

Книга будет издана в улучшенном оформлении. Она предназначена для широкого круга читателей, интересующихся проблемами атомной науки и техники.

Заказы принимают все книжные магазины, распространяющие научно-техническую литературу. В Москве обращайтесь по адресу: 121019 Москва Г-19, проспект Калинина, 26, книжный магазин № 200, отдел «Книга — почтой».

А Т О М И З Д А Т