

5

Б18



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

А.Байорик, В.В.Голиков, И.Жуковская, Ф.Л.Шапиро, А.Шкатула, Е.Яник

P-1066

КВАЗИУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ
ХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ НА ВОДЕ

*Elastic scattering of neutrons
in solids and liquids v 1, p 383-388
Vienna, 1962.*

Дубна 1962 год

А.Байорик, В.В.Голиков, И.Жуковская, Ф.Л.Шапиро, А.Шкатула, Е.Яник

P-1066

КВАЗИУПРУГОЕ РАССЯНИЕ
ХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ НА ВОДЕ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

В последние годы было выполнено несколько исследований нейтронных спектров, возникающих при рассеянии холодных нейтронов в воде /1-7/. В этих работах значительное внимание уделено квазиупругому рассеянию, т.е. рассеянию с передачей энергии, малой по сравнению с энергией падающего нейтрона. Теория^{8,9/} предсказывает, что при квазиупругом рассеянии моноэнергетических нейтронов в жидкости образуется спектр, имеющий лоренцову форму с полушириной

$$\Gamma = 2\hbar x^2 D, \quad /1/$$

где $\hbar x$ - изменение импульса при рассеянии, D - эффективный коэффициент автодиффузии. Классические методы дают для коэффициента диффузии молекул воды в воде значение $D = 1,85 \cdot 10^{-5}$ см²/сек. Анализируя квазиупругое рассеяние холодных нейтронов на воде, различные авторы приходят к несогласующимся выводам, получая значения D , находящиеся в пределах от $D < 0,1 D_0$ до $D = D_0$ /5/. Некоторые авторы усматривают также в спектрах рассеянных нейтронов пики, соответствующие передаче очень малых дискретных порций энергии /порядка $5 \cdot 10^{-4}$ эв/ /1,2/; другие авторы не находят таких пиков /4-7/.

В связи с отмеченными противоречиями представлялось интересным провести измерения спектров нейтронов, рассеянных на воде, с разрешением, заметно лучшим разрешения, достигнутого в работах /1-7/. В настоящем докладе сообщаются предварительные результаты таких измерений, выполненных на импульсном быстром реакторе Объединенного института ядерных исследований. Использованная экспериментальная установка описана в /10/.

На слой воды толщиной около 0,3 мм направлялся импульсный пучок нейтронов, фильтрованных бериллием. Нейтроны рассеянные на угол $75 \pm 10^\circ$, регистрировались детектором, установленным на расстоянии 17 м или 45 м от образца. Для измерения спектра нейтронов, падающих на образец, использовалось упругое рассеяние на ванадии. Результаты измерений при температуре воды 25°C приведены на рис. 1 и 2. Из кривых вычтен фон, для нахождения которого падающий на образец пучок перекрывался кадмием. Фон был примерно в 4 раза меньше эффекта. В результаты внесена также поправка на рассеяние алюминием /на пути рассеянного пучка находилось около 6 мм алюминия/. Поправка рассчитывалась по измерениям пропускания аналогичных алюминиевых листов, выполненным на базе 45 м /рис. 3/.

Обсуждение результатов

Как видно из кривой 1 рис. 1, полуширина наклона бериллиевого края составляет ~ 120 мксекунд, что при расстоянии 45 м соответствует энергетическому разрешению $3 \cdot 10^{-5}$ эв для нейтронов с энергией в районе $5,2 \cdot 10^{-3}$ эв. Эту величину нужно сравнить с предельным разрешением, использованным в предыдущих работах - $2 \cdot 10^{-4}$ эв /4/. Сравнение кривых 1 и 2 рис. 2 показывает вне всякого сомнения, что при рассеянии на воде линия

$5,2 \cdot 10^{-3}$ эв. уширяется. Для количественной оценки нужно исходить из выражения для зависимости скорости счета $N(t)$ рассеянных нейтронов от времени пролета t :

$$N(t) dt = dt \frac{dE}{dt} \int_0^{E_0} F(E') \sigma(E') W(E', E) dE' ; \quad /2/$$

здесь $F(E') dE'$ - спектр падающего на образец потока,

$\sigma(E')$ - сечение рассеяния на образце,

$W(E', E) dE$ - спектр рассеянных нейтронов для первичной энергии E' . В теории квазиупругого рассеяния ^{/8,9/} $W(E', E)$ - лоренцова резонансная кривая с шириной на половине высоты Γ /см.^{/1/}. Для определения Γ можно воспользоваться расстоянием от середины бериллиевого края для ванадия до максимума распределения для воды. Это расстояние сложным образом зависит от Γ и законов $F(E')$ и $\sigma(E')$. Поскольку последние в данной работе не изучались, этот путь казался нам неоднозначным, и мы предпочли опираться на значение логарифмической производной $N'(t)/N(t)$ в центре бериллиевого края. Значение производной слабо зависит от спектра $F(E')\sigma(E')$; полагая $F(E')\sigma(E') \propto E'$, нетрудно получить следующее выражение для Γ , являющееся хорошим приближением:

$$\Gamma = \frac{8 E_0}{\pi \left[\frac{N'(t_0)}{N(t_0)} t_0 + 5 \right]} \quad /3/$$

Здесь E_0 , t_0 - энергия и время пролета для бериллиевого края; под $N(t_0)$ следует понимать скорость счёта при $t = t_0$ за вычетом подложки, не связанной с квазиупругим рассеянием. Оценка подложки не может быть проведена однозначно, так как не ясно является ли участок кривой в интервале 0,93-0,99 мсек/м "хвостом" спектра квазиупругого рассеяния, или здесь проявляются дискретные энергетические переходы. Если принять первое предположение, а также пренебречь собственной шириной бериллиевого края /что для расстояния 45 м не будет плохим приближением/, то получается значение

$$\Gamma = (5 \pm 1) 10^{-4} \text{ эв.}$$

Во втором предположении подложка выше и

$$\Gamma \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ эв.}$$

Можно принять $\Gamma = (5 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ эв, чему при угле рассеяния 75° / $\kappa^2 = 3,7 \cdot \text{А}^{-2}$ / соответствует $D \approx 0,5 D_0$.

Наш результат отличается от последних данных Ларссона и Дальборга ^{/7/}, получивших при комнатной температуре для $\kappa^2 = 3,7 \cdot \text{А}^{-2}$ значение $\Gamma = (6 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ эв.

В заключение остановимся на вопросе о малых дискретных передачах энергии. Во многих из проведенных нами 2-3 -дневных серий измерений в спектрах вблизи бериллиевого края проявились ступеньки, соответствующие передачам энергии $\sim 2; 4$ и $6 \cdot 10^{-4}$ эв. Высоты ступенек составляли несколько процентов от полной интенсивности при данном

времени пролета. Положения и высоты ступенек в различных сериях измерений согласовывались, в том числе и при измерениях на базах 45 и 17м/см рис.2/. При суммировании всех серий ступеньки, однако, сглаживались. Хотя это может объясняться дрейфами аппаратуры, в настоящее время вопрос о наличии или отсутствии ступенек остается открытым.

Измерения рассеяния нейтронов на воде продолжаются. Проводятся измерения при различных температурах жидкости, а также со льдом.

Литература

1. H. Palevsky Phys. Rev. 119, 872 (1960).
2. H.H. Stiller, H.R. Danner "Inelastic scattering of neutrons in solids and liquids" Proceedings of the Symposium Vienna, 1960, p. 363.
3. K.E. Larsson "Inelastic scattering of neutrons in solids and liquids" Proceedings of the Symposium Vienna, 1960, p. 329.
4. B.N. Brockhouse "Inelastic scattering of neutrons in solids and liquids" Proceedings of the Symposium Vienna, 1960, p. 113.
5. D. Cribier, B. Jacrot "Inelastic scattering of neutrons in solids and liquids" Proceedings of the Symposium Vienna, 1960, p. 347.
6. B.N. Brockhouse, Phys. Rev. Lett, 2, 283 (1959).
7. K.E. Larsson, U. Dahlborg, J. Nucl. Energy, 16, 81 (1962).
8. Vineyard, Phys. Rev. 110, 999 (1959).
9. K.S. Singwi, A. Sjolander, Phys. Rev. 119, 863 (1960).
10. В.В. Голиков, Ф.Л. Шапиро, А. Шкатула, Е. Яник. Препринт ОИЯИ 1065.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 июля 1962 года.

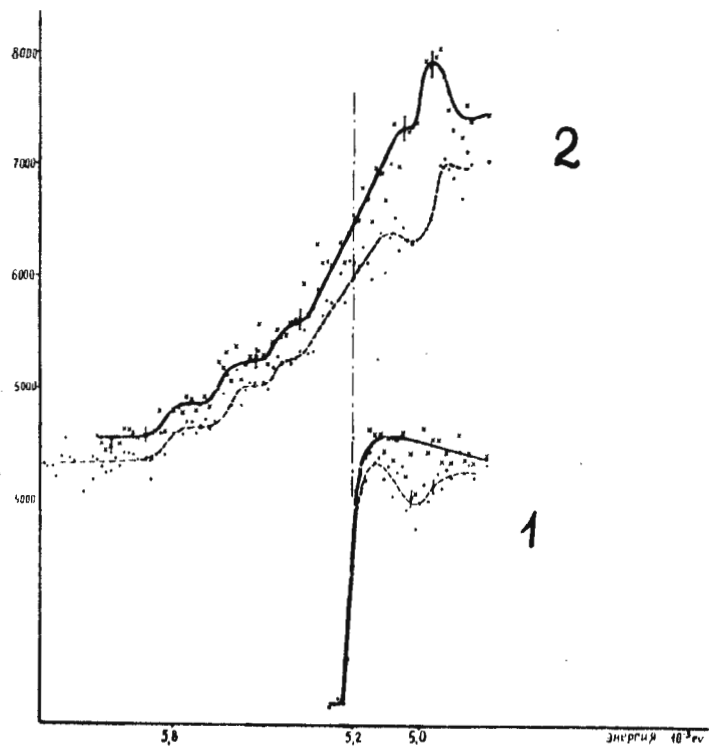


Рис. 1 Спектр нейтронов, рассеянных на ванадии /кривая 1/ и воде /кривая 2/.
 Расстояние от образца до детектора ~ 45 метров.
 Ширина канала временного анализатора - 64 мксек.
 Пунктирные кривые проведены по экспериментальным точкам.
 Сплошные кривые проведены по точкам, исправленным на пропускание A^2 .

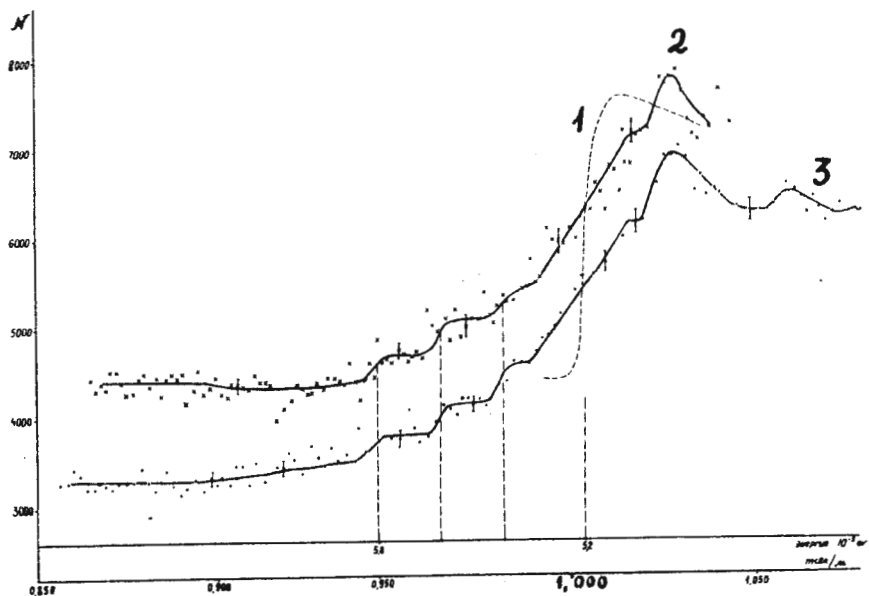


Рис. 2 Спектр нейтронов, рассеянных слоем воды толщиной 0,3 мм.
 Кривая 2 снята на расстоянии от образца до детектора 45 метров.
 Кривая 3 — на расстоянии 17 метров.
 Пунктирная кривая показывает форму спектра нейтронов, упруго рассеянных на ванадии на расстоянии 45 метров.
 Все кривые исправлены на пропускание A^2 .

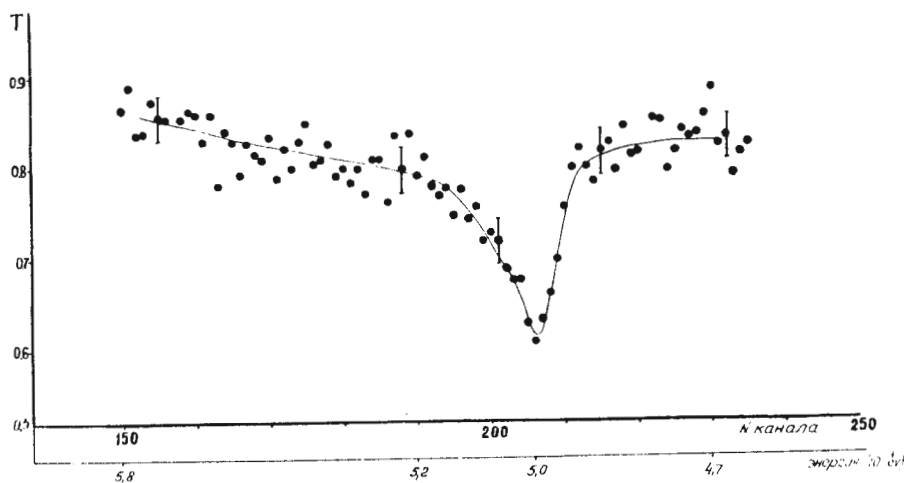


Рис. 3 Кривая пропускания 12 мм алюминия в области холодных нейтронов.
 Пролетная база — 45 метров.