

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ГРАВИТАЦИОННОМ СПЕКТРОМЕТРЕ ПОЛНЫХ И НЕУПРУГИХ СЕЧЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕЙТРОНОВ ОЧЕНЬ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ  $^{65}\text{Cu}$  и  $^9\text{Be}$

А. В. Антонов, А. И. Исаков, А. П. Крюков, С. П. Кузнецов,  
И. В. Мешков, А. Д. Перекрестенко

УДК 539.125.162.2

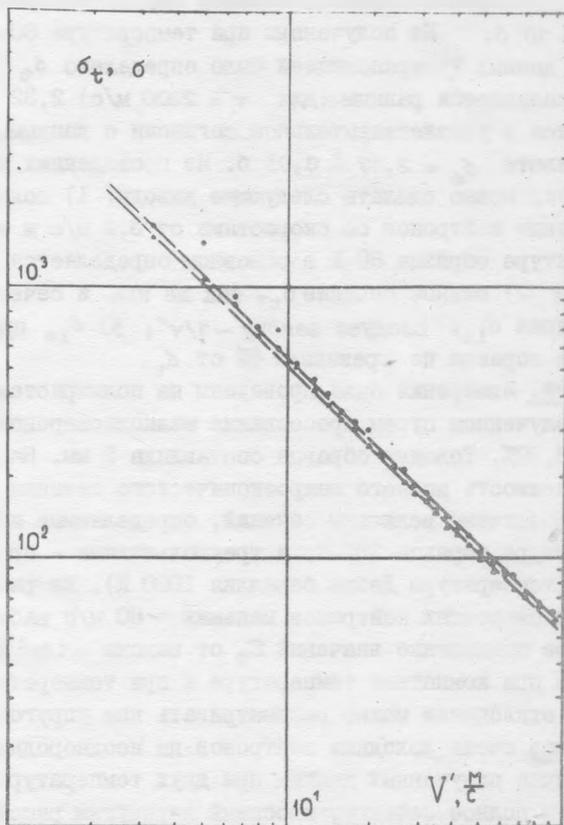
Измерены полные и неупругие сечения взаимодействия нейтронов со скоростями в интервале приблизительно от 3 до 140 м/с с изотопом меди ( $\text{Cu}\rightarrow 5$ ) и бериллием с помощью гравитационного нейтронного спектрометра.

Одной из актуальных задач нейтронной физики является изучение взаимодействия нейтронов с энергией  $\sim 10^{-4} - 10^{-8}$  эВ с различными веществами. В данной работе описываются проведенные авторами исследования полных и неупругих сечений взаимодействия нейтронов указанных выше энергий с медью-65 и бериллием. Измерения проводились на гравитационном спектрометре [1,2], энергия нейтронов в котором определялась по времени пролета ими 6-метрового вертикального нейтронновода. Разрешение спектрометра по энергии было  $\sim 16\%$ , интегральная интенсивность нейтронного потока, регистрируемая детектором, составляла  $2,2 \cdot 10^4$  имп./мин. Значения эффективных сечений взаимодействия нейтронов с изучаемыми веществами определялись по пропусканию нейтронов через образец. Установка давала возможность проводить измерения с образцами как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота. При определении скорости нейтронов учитывалось преломление нейтронной волны на границе вакуум - образец.

При указанных выше энергиях в наблюдаемое полное сечение основной вклад вносят процессы захвата нейтронов, их неупругое рассеяние, упругое некогерентное рассеяние нейтронов на неоднородностях, рефракция, связанная с многократным отражением

нейтронов на границах образца. В определенную величину полного сечения вводилась поправка, учитывающая рефракцию нейтронной волны /2,3/.

Изотоп меди ( $^{65}\text{Cu}$ ). Для измерений использовался поликристаллический холоднокатанный образец  $^{65}\text{Cu}$  чистотой 98% при толщине 120 мкм. На рис. I показана зависимость  $\sigma_t$  от скорости нейтро-

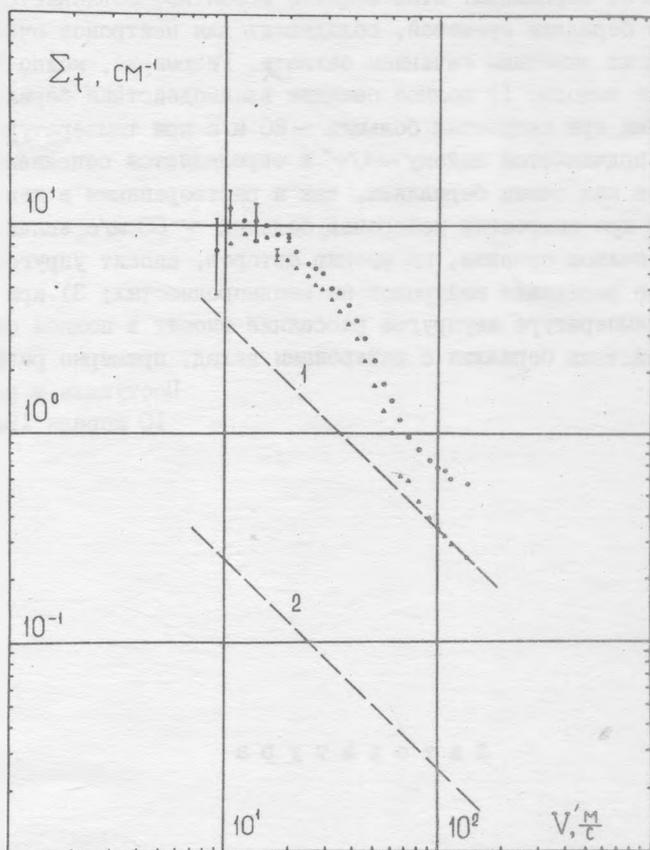


Р и с. I. Зависимость полных микроскопических сечений изотопа меди  $^{65}\text{Cu}$  от скорости нейтронов; ● - температура образца 293 К; ▲ - температура 80 К

нов в среде  $v'$ . Кругами обозначены сечения, полученные при температуре 293 К, а треугольниками - при температуре 80 К (температура Дебая меди 343 К). Из рис. 1 видно, что обе зависимости  $\sigma_t(v')$ , измеренные при различных температурах образца, хорошо аппроксимируются прямыми  $\sim 1/v'$ . Исходя из различия этих кривых можно оценить вклад в полное сечение, вносимый неупругим рассеянием при комнатной температуре. При скоростях нейтронов  $v' = 10$  м/с он соответствовал сечению неупругого рассеяния  $\sigma_{1e} = 30 \pm 10$  б. Из полученных при температуре 80 К экспериментальных данных экстраполяцией было определено  $\sigma_t$  в тепловой области, оказавшееся равным (для  $v = 2200$  м/с)  $2,32 \pm 0,08$  б, что находится в удовлетворительном согласии с данными [4] для сечения захвата  $\sigma_c = 2,17 \pm 0,03$  б. Из проведенных нами измерений с  $^{65}\text{Cu}$ , можно сделать следующие выводы: 1) полное сечение взаимодействия нейтронов со скоростями от 3,2 м/с и до 100 м/с при температуре образца 80 К в основном определяется сечением захвата  $\sigma_c$ ; 2) полное сечение  $\sigma_t$ , так же как и сечение неупругого рассеяния  $\sigma_{1e}$ , следует закону  $\sim 1/v'$ ; 3)  $\sigma_{1e}$  при комнатной температуре образца не превышает 6% от  $\sigma_t$ .

Бериллий. Измерения были проведены на поликристаллическом образце, полученном путем прессования мелкодисперсного бериллия с чистотой 98,39%. Толщина образца составляла 5 мм. На рис. 2 показана зависимость полного макроскопического сечения  $\Sigma_t$  от  $v'$ . Кругами обозначены величины сечений, определяемые из измерений при температуре образца 297 К, а треугольниками - при температуре 80 К (температура Дебая бериллия 1000 К). Из рисунка видно, что при скоростях нейтронов меньших  $\sim 80$  м/с наблюдается существенное отклонение значений  $\Sigma_t$  от закона  $\sim 1/v'$  для образца, измеренного при комнатной температуре и при температуре жидкого азота. Это отклонение можно рассматривать как упругое некогерентное рассеяние очень холодных нейтронов на неоднородностях. Исходя из различия полученных данных при двух температурах можно оценить вклад в полное сечение, вносимый неупругим рассеянием нейтронов при комнатной температуре. Для скорости нейтронов  $v' = 50$  м/с он соответствовал сечению неупругого рассеяния  $\sigma_{1e} = 4,3 \pm 0,1$  б. Из рассмотрения рисунка видно, что для нейтронов, имеющих скорость больше  $\sim 80$  м/с данные по  $\Sigma_t$  с хорошей точностью следуют

закону  $\sim 1/v'$ , однако прямая 1, полученная экстраполяцией этих



Р и с. 2. Зависимость полных макроскопических сечений бериллия от скорости нейтронов;  $\bullet$  - температура образца 297 К;  $\blacktriangle$  - температура образца 80 К; 1 - прямая, соответствующая закону  $\Sigma_t \sim 1/v'$ , построенная по экспериментальным данным; 2 - прямая, соответствующая закону  $\Sigma_c \sim 1/v'$ , построенная экстраполяцией табличных данных по сечению захвата нейтронов в тепловой области ( $v = 2200 \text{ м/с}$ )

сечений, проходит заметно выше прямой 2, полученной экстраполяцией табличных данных /4/ по захвату тепловых нейтронов ( $v = 2200$  м/с) бериллием. Этот эффект, вероятно, объясняется наличием в бериллии примесей, обладающих для нейтронов очень низких энергий заметным сечением захвата. Резюмируя, можно сделать следующие выводы: 1) полное сечение взаимодействия бериллия с нейтронами при скоростях больших  $\sim 80$  м/с при температуре образца 80 К подчиняется закону  $\sim 1/v^2$  и определяется сечением захвата нейтронов как самим бериллием, так и растворенными в нем примесями; 2) при скоростях нейтронов, больших  $\sim 80$  м/с, значительный вклад в полное сечение, по мнению авторов, вносит упругое некогерентное рассеяние нейтронов на неоднородностях; 3) при комнатной температуре неупругое рассеяние вносит в полное сечение взаимодействия бериллия с нейтронами вклад, примерно равный 24%.

Поступила в редакцию

10 апреля 1980 г.

## Л и т е р а т у р а

1. А. В. Антонов, А. И. Исаков, И. В. Мешков, А. Д. Перекрестенко, А. А. Тихомиров, Краткие сообщения по физике ФИАН № 10, 10 (1977).
2. А. В. Антонов, А. И. Исаков, И. В. Мешков, А. Д. Перекрестенко, А. А. Тихомиров, Краткие сообщения по физике ФИАН № 11, 13 (1978).
3. A. Steyerl, Nucl. Instr. and Meth., 100, 295 (1972).
4. S. F. Mughabghab and D. I. Garber, Neutron Cross Sections, BNL-325, June 1973, Brookhaven National Laboratory.