

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

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

УДК 539.125.162.2

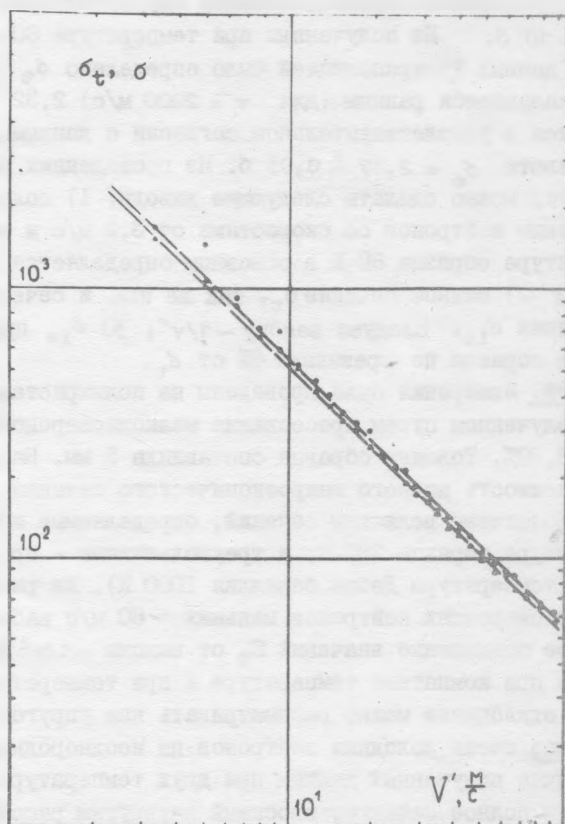
Измерены полные и неупругие сечения взаимодействия нейтронов со скоростями в интервале приблизительно от 3 до 140 м/с с изотопом меди ($\text{Cu}-65$) и бериллием с помощью гравитационного нейтронного спектрометра.

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 нейтронотода. 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}Cu). Для измерений использовался поликристаллический холоднокатанный образец ^{65}Cu чистотой 98% при толщине 120 мкм. На рис. I показана зависимость σ_t от скорости нейтро-

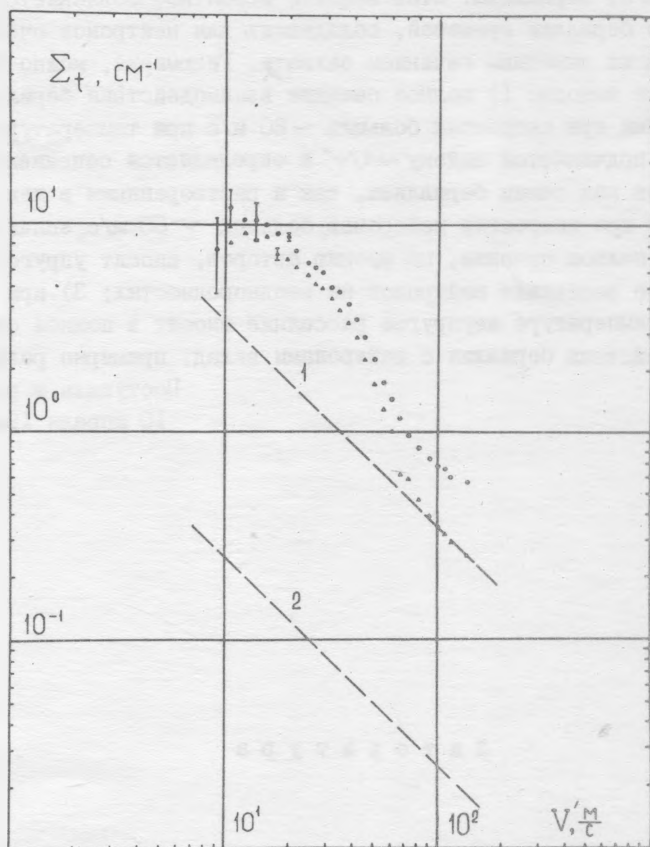


Р и с. I. Зависимость полных микроскопических сечений изотопа меди ^{65}Cu от скорости нейтронов; ● - температура образца 293 К; ▲ - температура 80 К

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 σ_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}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 σ_c ; 2) полное сечение σ_t , так же как и сечение неупругого рассеяния σ_{1e} , следует закону $\sim 1/v'$; 3) σ_{1e} при комнатной температуре образца не превышает 6% от σ_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 Σ_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 ~ 80 м/с наблюдается существенное отклонение значений Σ_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 ~ 80 м/с данные по Σ_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 ~ 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 ~ 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.