

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

73/2-81

12/1-81

P3-80-672

Ю.П. Попов

О ВОЗМОЖНОСТИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА СПЕКТРА
ЗАМЕДЛЯЮЩИХСЯ В ВЕЩЕСТВЕ НЕЙТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ ≥ 1 КЭВ

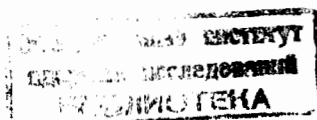
1980

1. Исследования процессов замедления, диффузии и термализации нейтронов в различных средах, начавшие бурно развиваться более трех десятилетий назад /см. ^{1,2/} /, успешно продолжают и в настоящее время. Существенная роль в таких исследованиях принадлежит импульсному /нестационарному/ методу, разработанному практически одновременно группой физиков ФИАН СССР им. П.Н.Лебедева ^{3,4/} и шведской группой фон Дардела ^{5/}. Результаты исследований замедления и диффузии нейтронов широко используются в реакторостроении /например, ^{6/} /, спектрометрии нейтронов по времени замедления ^{7/} и т.д.

В нестационарном методе одним из способов определения спектра нейтронов в данный момент времени замедления и в данной точке замедляющего вещества является изучение формы пика изолированного нейтронного резонанса по времени замедления. Сравнение экспериментальной формы резонанса с рассчитанной в рамках определенной теории замедления позволяет судить о справедливости использованной теории ^{8/}. Такая методика хорошо работает в области энергий нейтронов ниже 1 кэВ, где имеются изолированные, т.е. разрешенные по времени замедления, резонансы с преобладающей радиационной шириной ($\Gamma_\gamma \geq \Gamma_n$). При временах замедления, соответствующих киловольтным нейтронам /поскольку полуширина спектра нейтронов, измеренного по времени замедления, в лучшем случае - для замедления в свинце - составляет более 30%/ , изолированные резонансы можно изучать лишь на легких ядрах. Однако здесь $\Gamma_n \gg \Gamma_\gamma$ и резонанс становится трудно регистрировать по гамма-лучам захвата, а его форма заметно искажается за счет многократного рассеяния нейтронов в образце.

2. Для исследования спектра замедляющихся нейтронов со средней энергией $\bar{E}_n > 1$ кэВ предлагается использовать новый метод - анализ амплитудной формы линии первичного гамма-перехода в реакции (n, γ). В случае, если разброс по энергии захватываемых нейтронов будет порядка /или больше/ энергетического разрешения гамма-спектрометра, амплитудная форма гамма-линии будет искажаться за счет захвата в данный момент времени нейтронов различных энергий, т.е. за счет изменения энергии возбуждения распадающихся состояний при фиксированном положении конечного состояния гамма-перехода.

Если в качестве образца, форма гамма-линии которого изучается, взять изотоп с достаточно малым средним расстоянием между резонансами ($D \ll \bar{E}_n$), то усредненное по резонансам сечение





в окрестностях \bar{E}_n будет меняться слабо ($\langle \sigma(n, \gamma) \rangle \sim \bar{E}_n^{-(0.5 \pm 1.0)/9}$). В этом случае искажение формы пика гамма-линии будет происходить от нейтронов соседних энергий с близкой "эффективностью". Определение аппаратной формы линии самого гамма-спектрометра целесообразно производить при больших временах замедления, т.е. при захвате тепловых или резонансных нейтронов, когда энергетическим разбросом нейтронов можно пренебречь. По сравнению с измерениями гамма-спектра на тепловых нейтронах измерения при малых временах замедления /в области киловольтных нейтронов/ приведут к сдвигу гамма-линии на величину $E_{\gamma} - E_{\gamma_{\text{теп}}} = \bar{E}_n$ и ее размытию в соответствии с энергетическим распределением замедляющихся нейтронов при данном времени замедления /см. рисунок/.

При малых временах замедления, т.е. сразу вслед за импульсом нейтронного излучения, когда поток частиц на детектор существенно возрастает, возможен эффект перегрузки, наложения импульсов, также изменяющий форму линии гамма-спектра. Чтобы убедиться в его отсутствии или оценить его вклад, достаточно проанализировать форму линии мягкого вторичного гамма-перехода /между низколежащими состояниями составного ядра/, на которой не сказывается разброс по энергии захватываемых нейтронов.

3. В качестве образца и одновременно гамма-спектрометра можно использовать Ge(Li) -детектор гамма-лучей. Входящий в его состав изотоп ^{73}Ge /содержание 7,7%/ имеет большую плотность резонансов и после захвата s-нейтронов испускает жесткие первичные гамма-кванты, например с энергией $E_{\gamma} = 8,728$ МэВ.

Можно надеяться, что предлагаемый метод позволит, в частности, исследовать поведение функции разрешения нейтронных спектрометров по времени замедления в свинце в киловольтной области, т.е. при временах замедления < 10 мкс.

Автор благодарен Л.Б.Пикельнеру за полезное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pulsed Neutron Research. IAEA, Vienna, 1965, vol.1 и II.
2. Импульсный метод в нейтронной физике, под ред. П.Гриблера и Э.Хенли. Атомиздат, М., 1969.
3. Франк И.М. Труды ФИАН, 1962, т.14, с.17.
4. Антонов А.В. и др. В кн.: Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955, т.5, с.11.
5. Von Dardel G.F., Sjostrand N.G. Phys.Rev., 1954, 96, p.1245.
6. Zhezherun I.F. Ann. of Nucl. Energy, 1979, v.6(4), p.239.
7. Шапиро Ф.Л. Труды ФИАН, 1964, т.24, с.3; Попов Ю.П. Труды ФИАН, 1964, т.24, с.111.
8. Исаков А.И. Труды ФИАН, 1964, т.24, с.68.
9. Neutron Cross Section, v.11. Ed. D.I.Garber, R.R.Kinsey. BNL-325, III Ed., USA, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 октября 1980 года.