

Конференция по нейтронным сечениям и технологии их измерений

В марте 1974 г. в Ноксвилле (США) проходила Третья конференция по нейтронным сечениям и методике эксперимента, на которой присутствовало около 230 ученых. В шести обзорных докладах и 140 сообщениях были рассмотрены вопросы измерения и оценки нейтронных сечений, а также использование этих данных в реакторостроении и в других областях науки.

На первом заседании, посвященном взаимным соотношениям между дифференциальными и интегральными данными было заслушано два обзорных доклада: Е. Пендельбери (Харуэлл, Великобритания) «Проверка микроскопических данных критическими экспериментами и измерениями спектра» и В. Литтла, Р. Харди (Фирма «Вестингауз» корпорейшн, США) «Прогресс в удовлетворении потребностей в ядерных данных для расчета быстрых реакторов». В этих докладах, а также в девяти других сообщениях этого заседания содержались ссылки на последний вариант американской библиотеки оцененных дифференциальных данных (ENDF/B Version II), который в настоящее время интенсивно проверяется и расширяется. Так, в докладе Г. Питтерли и др. были сформулированы основные изменения, которые необходимо внести в эти оцененные данные, чтобы они полностью соответствовали результатам большой серии интегральных экспериментов.

Экспериментальные и теоретические данные по сечениям на быстрых нейтронах рассматривались на втором заседании, где обзорный доклад был сделан А. Смитом и П. Молдауэром (оба из Аргоннской национальной лаборатории, США). Конференция проходила в такое время, когда появились первые результаты измерений, выполненных на новом поколении американских нейтронных спектрометров с мощными линейными ускорителями электронов и с пролетными базами до 200—250 м (в Ок-Ридже, Ливерморе, Трое и Сан-Диего). Участники конференции имели возможность осмотреть один из них (в Ок-Ридже), где руководитель физического отдела Дж. Харвей ознакомил их с работами по измерению полных сечений разделенных изотопов, констант ν и α^{239} , ^{241}Pu , сечений захвата и спектров гамма-лучей.

Импульсные источники нейтронов на базе электростатических генераторов, в том числе на базе динамитронов, представляют другой класс широко используемых установок для спектроскопии быстрых нейтронов. На конференции было представлено семь сообщений, касающихся неупругого взаимодействия нейтронов и измерений парциальных сечений, в частности захвата в ^{238}U и захвата и деления в ^{235}U и ^{239}Pu . В данных по величине α для двух последних изотопов обнаруживается тонкая структура даже при энергиях 10 кэВ и выше. Эта же структура отчетливо видна в измерениях сечения деления ^{235}U , выполненных Боуманом и др. на Ливерморском линейном ускорителе (Лаборатория

им. Лоуренса, Калифорния). Новые данные по альфа ^{239}Pu , полученные на Ок-Риджском ускорителе Э. Гвином и др., согласуются с данными более ранних измерений тех же авторов (1967—1970 гг.).

Третье заседание конференции было посвящено оценке нейтронных данных. П. Хеммиг (Комиссия по атомной энергии США) рассказал об организации работы по оценке данных в масштабе всей страны и, в частности, о подготовке третьего варианта библиотеки ENDF/B. Три доклада из Брукхейвенского центра иллюстрировали технические возможности и методы работы центра (М. Гольдберг), проведение оценки на примере данных по изотопу ^{239}Pu (А. Принс и М. Дрейк) и систематизацию данных по усредненным резонансным параметрам (С. Мугабгаб). В последнем докладе было обращено внимание на систематическое уменьшение силовых функций с ростом числа нейтронов (что можно интерпретировать в рамках модели входных состояний), на отсутствие расщепления максимума r -волновой силовой функции в районе атомных весов $A \sim 100$, на немонотонный характер зависимости средней радиационной ширины в районе $A = 160$ и на наличие корреляций между нейтронной шириной и интенсивностями одночастичных переходов. По последнему вопросу было также два оригинальных сообщения Р. Блока (Ренсейлер) и Р. Хриена (Брукхейвен). Ввиду того что расчет радиационных ширин легких и средних ядер, являющихся конструкционными материалами реакторов, имеет большой практический интерес, корреляции с радиационными ширинами будут, по-видимому, в дальнейшем изучаться более тщательно.

Обзор деятельности МАГАТЭ по оценке сечений захвата ^{238}U и деления ^{239}Pu был сделан В. Коньшиным. Новые экспериментальные данные по сечению деления ^{239}Pu , полученные в Кадараше (Франция) Ж. Леруа и др., хорошо согласуются с вышеупомянутой оценкой В. Коньшина. Критическую переоценку основных тепловых сечений трех делящихся изотопов произвел А. Де Вольпи (США). Он основывался на современных значениях времен жизни ^{233}U и ^{234}U , а также на величине $\nu(^{252}\text{Cf}) = 3,731 \pm 0,008$, тогда как в оценке, выполненной в 1970 г. для МАГАТЭ Дж. Ханна (Чок-Ривер, Канада), исходные и рекомендованные величины составляли $\nu = 3,743 \pm 0,016$ и $3,784 \pm 0,014$. В докладе Н. Стина по тепловым константам ^{233}U также производилась ревизия ранних значений (МАГАТЭ); им использовалась величина $\nu(^{252}\text{Cf}) = 3,774 \pm 0,014$. Для величины $\eta(^{233}\text{U})$ значения Стина, Де Вольпи и Ханна (МАГАТЭ) составили соответственно 2,2978; 2,278 и 2,2844, т. е. различие превышает $\sim 1\%$, что выходит за пределы указанной точности. Такого же порядка различия остаются и в сечениях некоторых других изотопов.

На шестом заседании конференции обсуждалось 28 докладов по результатам измерений сечений в резонансной области. В обзорном докладе М. Мора (Лос-Аламос, США) рассматривалось состояние этих измерений на трех типах спектрометров (механический селектор, линейный ускоритель, ядерный взрыв). Один ядерный взрыв дает такую же интегральную экспозицию, как и год работы линейного ускорителя (на протонном расстоянии 40 м), однако при измерении стабильных и долгоживущих изотопов ядерный взрыв не может обеспечить достаточной точности, ввиду невозможности постоянного учета фона, из-за механических и электрических перегрузок и т. д. В докладе приводилась также оценка стоимости одного измерения сечений захвата и деления (для ^{241}Pu составившая около 300 тыс. долл.) и перечислялись применяющиеся в США, Франции и других странах вычислительные программы по обработке ядерных данных. Подробное изложение вопросов измерения, оценки и теоретической интерпретации представленных на конференции данных по величине α — ^{239}Pu (в области до 10 кэв) и по резонансным параметрам делящихся ядер будет дано в двух специальных обзорах (см. ближайшие выпуски журнала «Атомная энергия»), поэтому мы упомянем здесь лишь о цикле работ по механизму реакции захвата. В докладе Р. Хриена (Брукхейвен) рассматривались возможности использования γ -лучей для определения спинов и четности ядерных уровней, и впервые таким способом получены значения спинов для нескольких резонансов ^{235}U . Анализ фотонейтронного спектра легких изотопов (хром, никель и т. д.), выполненный Г. Джексоном (Аргонн), показал возможности измерения радиационных силовых функций, спинов и ширины уровней, хотя результаты в некоторых случаях не полностью согласуются с данными Р. Блока по прямой реакции — по радиационному захвату нейтронов в тех же ядрах.

В докладе Н. Расмуссена и В. Орфана (фирма «Галф корпорейшн») подводился итог систематической работы по измерению спектров γ -лучей захвата тепловых нейтронов для 75 элементов. В Аргоннской национальной лаборатории аналогичные работы ведутся Л. Боллингером и др., причем изучаются при помощи кристалли-

ческих и GeLi-детекторов не только спектры захвата тепловых нейтронов, но и спектры от захвата нейтронов широкого промежуточного диапазона энергий (в несколько килоэлектронвольт), что позволяет получать такую дополнительную информацию, как спины нижних уровней ядер, средние интенсивности радиационных переходов и т. п. На основе разнообразной информации строятся схемы уровней сложных ядер, таких, как ^{186}Po , ^{182}Ta и др.

Отдельное заседание было посвящено вопросам применения нейтронных данных в других областях: Г. Керром и др. (Ок-Ридж) рассматривались вопросы физики радиационных повреждений, Р. Лесслером (Лос-Аламос) обсуждались применения нейтронных данных к ядерно-взрывным работам, а Д. Стейнером (Ок-Ридж) — к расчетам термоядерных установок. В докладе Э. Хеннели (Саванна-Ривер, США) рассмотрено состояние данных по сечениям изотопов америдия, кюрия и калифорния (а также ^{242}Pu) и согласование величин этих сечений с данными по накоплению изотопов во время облучения плутония в реакторах с высоким потоком нейтронов, в том числе с данными по закончившейся в ноябре 1970 г. кампании на реакторах Саванна-Ривер по выработыванию двух граммов ^{252}Cf .

Конференция продемонстрировала, что введение в строй новых нейтронных спектрометров обеспечило быстрый рост информации по основным нейтронным сечениям. Это привело к уменьшению ранее существовавших больших расхождений в данных по наиболее важным реакторным элементам, таким, как уран и плутоний. В то же время остается много нерешенных вопросов измерения констант, используемых как для реакторных целей, так и для расчета защиты и радиационных повреждений, а также для расчета динамического поведения быстрых реакторов и сроков их кампаний. После окончания конференции советские участники конференции (Ю. В. Чернилин, Г. Б. Яньков и автор) посетили Аргонскую национальную лабораторию, где А. Смит и Л. Боллингер подробно ознакомили их с работами по нейтронной физике на ускорителях и реакторе.

С. И. СУХОРУЧКИН

Национальная конференция США по ускорителям заряженных частиц

В марте 1971 г. в Чикаго состоялась Национальная конференция по ускорителям частиц (инженерные проблемы и технология), которая была организована Аргоннской национальной лабораторией, Лабораторией национального ускорителя и Институтом инженеров электриков и инженеров по электронике. В конференции приняли участие около 600 специалистов.

К началу этого года значительно продвинулось сооружение двух гигантских ускорителей в США: протонного синхротрона на энергию 500 Гэв и интенсивность $5 \cdot 10^{13}$ прот/имп Лаборатории национального ускорителя (директор проф. Р. Вильсон) и линейного ускорителя протонов на энергию 800 Мэв и средний ток 1 ма Лос-Аламосской мезонной фабрики (директор проф. Л. Розен). Поэтому живой интерес вызвали доклады Э. Маламада «Ход сооружения ускорителя на энергию 500 Гэв» и Э. Нэша «Состояние Лос-Аламосской мезонной фабрики».

Протонный синхротрон на энергию 500 Гэв. Лаборатории национального ускорителя. Инжектором в бустер служит линейный ускоритель на энергию 200 Мэв и ток в импульсе 100 ма (длительность импульса пучка 100 мксек, частота повторения 15 имп/сек, рабочая частота 201,25 Мгц, эмиттанс на выходе 1,5—3 см·мрад, разброс по импульсам для 90% частиц 0,27%). Ускоритель состоит из девяти биметаллических резонаторов с трубками дрейфа. Линейный ускоритель работает надежно.

Бустер рассчитан на энергию 8 Гэв и интенсивность $4,2 \cdot 10^{12}$ прот/имп. Первые испытания бустера проведены в феврале 1971 г. Получено расчетное магнитное поле; пучок ускорен до 1 Гэв (к началу марта была установлена лишь часть ускоряющих станций). Коррекция орбиты не потребовалась.

Полностью закончено строительство туннеля основного кольца. Установлено и полностью смонтировано