

XVII ежегодное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра

На очередном совещании по ядерной спектроскопии, проходившем в Харькове с 25 января по 2 февраля, были рассмотрены результаты работ в области физики низких и средних энергий за 1966 г. На совещание было представлено 148 теоретических докладов по структуре ядра и расчету вероятностей различных процессов, 152 доклада по экспериментальному исследованию структуры ядра (аналоговые состояния, промежуточная структура, оптическая модель, кулоновское возбуждение, структура гигантского резонанса и т. д.) и около 100 докладов по свойствам конкретных ядер. На пленарных заседаниях были заслушаны обзорные доклады по следующим направлениям: дальнейшему развитию микроскопической теории ядра (В. Г. Соловьев), свойствам ротационных уровней сферических ядер (Л. К. Пекер), аналоговым состояниям (Л. Б. Слив), протонной радиоактивности (Н. Г. Флеров), исследованию структуры ядра в реакциях при высоких энергиях (В. В. Балашов), по теории ядерной материи (Я. Домбровский, Польша), о возможных опытах по поиску несохранения временной четности в ядерных реакциях (Н. А. Бургов), по ядерным реакциям в природе (Н. А. Власов) и кулоновскому возбуждению легких ядер (И. Х. Лемберг).

Большое число экспериментальных работ выполнено на высоком уровне. Интересны опыты группы В. М. Лобашева (Ленинградский физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР) по определению примеси в ядерном потенциале слабого нуклон-нуклонного взаимодействия. Полученная ими величина циркулярной поляризации γ -квантов Ta^{181} $P =$

$= (-6 \pm 1,1) \cdot 10^{-6}$ опровергает результат Боема и Канделейта (США, 1965 г.), у которых на том же переходе было получено $P = (-2,0 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$. Следует отметить также возрастание числа работ с использованием полупроводниковых детекторов (группы Я. Урбанца в ОИЯИ, В. Р. Бурмистрова в Институте ядерной физики АН КазССР и др.). Интересные результаты были доложены Ю. П. Поповым и И. Квитеком (ОИЯИ), впервые наблюдавшими α -распад из отдельных резонансных состояний тяжелых ядер. Значительное число работ выполнено группой П. Т. Прокофьева (Институт физики АН ЛатвССР), изучавшей с помощью спектрометра с высоким разрешением спектры конверсионных электронов при захвате тепловых нейтронов. Развита структура тонкого расщепления гигантского резонанса у ряда легких ядер наблюдалась В. Г. Шевченко с сотрудниками (Институт ядерной физики МГУ).

В работе совещания приняли активное участие ученые из ГДР, Польши, Дании, Франции, Швеции и других стран. Участники совещания ознакомились с работами, ведущимися на ускорителях Харьковского физико-технического института. Заключительные обзоры по работе совещания были сделаны Е. В. Инопиным, А. П. Ключаревым и Б. С. Желеповым. Все три докладчика отметили необходимость широкого использования электронно-вычислительных машин.

Полностью доклады будут опубликованы в журнале «Известия АН СССР. Серия физическая» в течение 1967 г.

С. СУХОРУЧКИН

Конференция по γ -резонансной спектроскопии

С 24 по 28 октября 1966 г. в Москве проходила Всесоюзная научно-техническая конференция по γ -резонансной (мёссбауэровской) спектроскопии. Конференция была подготовлена Объединенной комиссией по γ -резонансной спектроскопии АН СССР и Государственного комитета по использованию атомной энергии. В ее работе участвовало свыше 300 специалистов, заслушано более 70 докладов.

Два обзорных доклада были посвящены перспективам применения γ -резонансной спектроскопии в ядерной физике: ядерным характеристикам, получаемым с помощью метода γ -резонанса (В. С. Шпинель, Институт ядерной физики МГУ), и возможностям исследова-

ния несохранения временной четности посредством эффекта Мёссбауэра (Н. А. Бургов, Институт теоретической и экспериментальной физики).

На заседаниях, посвященных применению метода γ -резонанса в физике твердого тела, было заслушано 28 докладов. Обзорные доклады были сделаны сотрудниками Института атомной энергии им. И. В. Курчатова: Ю. М. Каганом — об исследовании когерентных эффектов, А. М. Афанасьевым и В. В. Складарским — о применении эффекта Мёссбауэра в физике магнитных явлений и М. А. Кривоглазом (Институт физики металлов АН УССР) — о перспективах применения γ -резонансной спектроскопии для исследования динамики

решеток. В. В. Складневский с сотрудниками изучали эффект Мёссбауэра на примесных ядрах Dy^{161} в гадолинии в интервале температур 5—350° К. Были обнаружены следующие явления: 1) интенсивное облучение источника $Dy^{161}Gd$ в реакторе приводит к резкому изменению температурной зависимости величины магнитного поля на ядрах Dy^{161} , связанному, по-видимому, с радиационными повреждениями гадолиния; 2) сдвиг линий в области $T = 180^\circ K$, состоящий в том, что поля на ядрах Dy^{161} , определенные из разных линий спектра, имеют различные значения; 3) сильное влияние внешнего магнитного поля (до 65 кэ) на величину поля на ядрах Dy^{161} и на эффект сдвига линий; 4) резкое изменение вероятности эффекта Мёссбауэра в области точки Кюри при наложении внешнего магнитного поля, объясняемое авторами магнитострикцией гадолиния.

Ю. М. Останевич и др. (ОИЯИ) доложили об исследовании эффекта Мёссбауэра в сплаве FeAl в области 24—27 ат. % Al при температурах 400—900° С. Вблизи фазового перехода FeAl — неупорядоченная структура — FeAl — псевдоупорядоченная структура авторы наблюдали температурный гистерезис химического сдвига и резкое изменение химического сдвига в точке перехода. Важным результатом работы является также обнаружение области температур и составов, внутри которой скоростной спектр содержит две компоненты — магнитную и парамагнитную. Двум компонентам спектра соответствуют две атомные подрешетки, содержащие неэквивалентные атомы железа. Для интерпретации этих результатов авторы предложили микроскопическую модель поведения сплава, согласно которой упорядочение подрешетки *D* сопровождается неравновесным разупорядочением подрешетки *A*. В этом состоянии сплав становится ферромагнитным. Предложенная модель позволила объяснить ряд известных особенностей сплава и устранить противоречия между данными некоторых работ.

В двух докладах А. М. Кривоглаза с сотрудниками были рассмотрены вопросы теории спектрального распределения и диффузионного уширения мёссбауэровской линии в неидеальных кристаллах. Обсуждены различные причины влияния дефектов на положение линии (изменение изомерного и релятивистского сдвигов, магнитного и квадрупольного расщепления). Получены общие формулы для спектрального распределения в кристаллах, содержащих хаотически расположенные дефекты произвольного типа. Более подробно рассмотрено влияние дислокаций на спектральное распределение мёссбауэровской линии. Обсуждена также возможность исследования механизма и элементарного акта диффузии атомов в кристаллах на основе изучения диффузионного уширения мёссбауэровской линии.

А. А. Сорокин и др. (Институт ядерной физики МГУ) сообщили об определении констант квадрупольного взаимодействия и анизотропии эффекта Мёссбауэра из угловых распределений резонансного рассеяния γ -квантов на ядрах Sn^{119} . Экспериментально найдены константы квадрупольного взаимодействия в SnO_2 и в $\beta - Sn$, которые хорошо согласуются с наблюдаемыми уширениями линии мёссбауэровского поглощения. Для оловоорганических соединений $(C_4H_9)_2SnO$ и $(C_6H_5)_2SnCl_2$ этим же методом была обнаружена и оценена анизотропия эффекта Мёссбауэра для отдельных подуровней сверхтонкой структуры.

На заседаниях по химической γ -резонансной спектроскопии было заслушано 22 доклада. В. И. Гольданский (Институт химической физики АН СССР, ИХФ

АН СССР) сделал обзорный доклад о перспективах применения γ -резонансной спектроскопии в химии. О расчете электронной плотности на ядре в свободных атомах и ионах рассказали С. П. Ионов и др. (Институт физики твердого тела; ИХФ АН СССР). На основе самосогласованных волновых функций атомов и ионов периодов I—IV Периодической системы элементов Д. И. Менделеева проведен анализ вкладов атомных орбиталей в электронную плотность на ядре в зависимости от величины заряда, состояния возбуждения атома или иона и от атомного номера. В нескольких докладах были рассмотрены вопросы, связанные с изучением динамики движения атомов олова на поверхности силикагеля, адсорбционных свойств и диффузии катионов в цеолитах и ионообменных смолах, исследовалась также топохимическая реакция разложения оксалата железа (И. П. Суздаев и др., ИХФ АН СССР).

О применении эффекта Мёссбауэра для изучения форм стабилизации атомов отдачи Sn^{119m} в SnO_2 и SnO сообщили А. А. Беккер и др. (МГУ). В результате проведенных экспериментов установлено, что в облученной окиси олова атомы отдачи Sn^{119m} стабилизируются в термодинамически более устойчивой форме Sn^*O_2 , в форме $\beta - Sn^*$, а также в форме материнского соединения в соотношении 5 : 5 : 10 соответственно. В облученной двуокиси олова атомы отдачи Sn^{119} стабилизируются в виде Sn , SnO , SnO_2 в соотношении 1 : 1 : 10 соответственно. Е. Ф. Макаров (ИХФ АН СССР) сообщил об учете $d\pi - p\pi$ -связей при рассмотрении изомерных сдвигов в тетрагалогенидах олова. В работе показано, что применение метода молекулярных орбит в совокупности с экспериментальными результатами по химическим сдвигам мёссбауэровских спектров и частотам ядерного квадрупольного резонанса на галогенидах позволяет дать количественную оценку доли $d\pi - p\pi$ -связей в этих соединениях и заселенности *s*-, *p*-, *d*-состояний иона олова, а также оценить экранирование 5*s*- и 5*p*-электронов 5*d*-электронами.

На заседании, посвященном методике и прикладным применениям γ -резонансной спектроскопии, было заслушано 14 докладов. Были рассмотрены методические вопросы разработки γ -резонансных спектрометров (Б. Г. Егизаров и др.). Применению γ -резонансной спектроскопии для определения наличия и процентного содержания олова в местах естественного залегания и в продуктах обогащения было посвящено четыре доклада: 1) мёссбауэровские анализаторы касситерита (В. И. Гольданский и др.); 2) определение содержания олова в коренном залегании горных пород по резонансному рассеянию γ -квантов (В. М. Запорожец и др., Всесоюзный научно-исследовательский институт ядерной геофизики); 3) определение содержания олова в рудах и продуктах обогащения (Н. Н. Шумиловский и др., Институт автоматики АН КиргССР); 4) о разработке ионизационной камеры, применяемой в качестве детектора резонансного γ -излучения (Цв. Бончев, и Кл. Бурич, Болгария). На заключительном заседании был заслушан доклад Ю. Ш. Мошковского (ИХФ АН СССР) о перспективах применения γ -резонансной спектроскопии в биологии и о работах, ведущихся в разных лабораториях мира по изучению биологически важных систем (гемоглобин, рибоза, гуанамин, гемин, ДНК, РНК). Уже в первых исследованиях удалось обнаружить в ряде производных гемоглобина и гемина существование внутримолекулярных магнитных полей, что открывает новые возможности для изучения электронного строения этих биологически важных соединений.

В решении конференции отмечается, что работы по γ -резонансу очень важны и имеют большие перспективы для применения в физике твердого тела, спектроскопии атомных ядер, химии, биологии, геологии, для контроля обогатительных процессов, а также некоторых задач автоматизации и управления. Особенно важно, что работы по γ -резонансу не требуют сложного оборудования и могут быть поставлены во

многих лабораториях. Советские ученые достигли значительных успехов в развитии теории γ -резонансной спектроскопии, в применении γ -резонанса в ядерной физике, в изучении динамических и магнитных свойств кристаллических решеток, в обосновании и развитии химических приложений, в создании приборов для нужд геологии и техники.

А. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Совещание по использованию тория в энергетических реакторах

С 12 по 14 декабря 1966 г. в МАГАТЭ проходило совещание рабочей группы экспертов по использованию тория в энергетических реакторах. Были обсуждены результаты исследований ториевых топливных циклов, а также планы дальнейших работ.

На совещании было сделано сообщение об изучении возможности использования тория в быстрых реакторах в СССР. Смешанный цикл в быстрых реакторах (U^{233} , Pu^{239} и U^{238} в активной зоне, Th^{232} в зоне воспроизводства) позволяет эффективно использовать торий в энергетических реакторах и обеспечить время удвоения, близкое к времени удвоения быстрых реакторов, работающих на плутонии*. Быстрые реакторы-размножители, использующие смешанное горючее, имеют большие отрицательный температурный и мощностной коэффициенты по сравнению с плутониевым.

В экранах быстрых реакторов может быть получен чистый U^{233} . В целом использование смешанного цикла позволяет отказаться от разработки теплового ториевого реактора-размножителя и в то же время обеспечивает вовлечение тория в ядерную энергетику с помощью быстрых реакторов.

В некоторых странах предполагается использование тория в высокотемпературных реакторах с графитовым замедлителем и газовым охлаждением. В реакторе HTGR (Пич-Боттом, США) электрической мощностью 40 Мвт используются твэлы из мелких частиц дикарбидов обогащенного урана и тория, покрытых углеродом и находящихся в графитовой матрице. В реакторе «Драгон» используется такое же горючее, как и в реакторе HTGR. Выгорание горючего достигло 24% (по U^{235}) без заметного выделения радиоактивного газа. Полученный опыт оценивается как успешный.

В Юлихе (ФРГ) проводятся исследования на реакторе AVR с шаровыми графитовыми твэлами, внутри которых находится горючее в виде дикарбидов тория. Изучается также замедлитель из BeO с целью улучшения баланса нейтронов и создания теплового реактора-размножителя, работающего в цикле $Th - U^{233}$.

Применительно к реакторам типа HTGR накоплен значительный опыт по технологии изготовления горючего и переработке его, по поведению горючего под облучением. В работах по переработке и изготовлению горючего для реакторов HTGR предполагают участвовать итальянские специалисты. Итальянская установка для переработки ториевого топлива должна быть пущена в 1967 г., на ней будут перерабатываться твэлы с торием из американского реактора в Элкс-Ривер.

Использовать торий в тяжеловодных реакторах намечается разными способами, причем во всех существующих реакторах такого типа торий предполагается применить в последующих загрузках активных зон (например, на канадском реакторе CANDU). В реакторе NRX проводится облучение $PuO_2 - ThO_2$ и $UO_2 - ThO_2$. Ведутся физические исследования на реакторе NRV, в котором используется небольшая вставка из стержней $ThO_2 - UO_2$ (1,5% U 93%-ного обогащения). В Швеции изучаются физические характеристики решеток из стержней ThO_2 в разных комбинациях со стержнями из стержней ThO_2 в разных комбинациях с обогащенным ураном. В экспериментах участвуют специалисты из Индии. Изучение физических характеристик решеток с торием ведется также в ФРГ.

Достигнуты успехи в разработке теплового реактора с жидким горючим из смеси расплавленных фторидов урана, бериллия, тория, циркония, лития. Реактор MSRE в Ок-Ридже запущен в 1965 г., а летом 1966 г. выведен на мощность 8 Мвт (т.), составляющую 80% проектной. Полученные данные свидетельствуют о коррозионной стойкости материала корпуса — газа в топливном сплаве. Сплав стабилен под облучением. С этим типом реактора связываются надежды на создание теплового реактора-размножителя.

В Голландии ведутся исследования по реактору с суспензией горючего в тяжелой воде. Испытывается поведение суспензий под облучением, причем обнаружена зависимость стойкости частиц окиси урана от размера частиц. Более интенсивное разрушение мелких частиц (меньше 5 мк) связано с действием на окись продуктов радиолиза воды в результате большего вылета осколков деления из мелких частиц. Строится экспериментальный реактор с суспензией тепловой мощностью 1000 квт.

На совещании было отмечено, что в настоящее время достигнут значительный прогресс в разработке отдельных типов ториевых конвертеров и возникли предпосылки для создания промышленных прототипов. Одной из причин, затрудняющих создание таких реакторов, является необходимость применения в смеси с торием высокообогащенного урана.

МАГАТЭ предполагает проводить в дальнейшем подобные совещания для обмена информацией и подведения основных итогов работ. Следующее совещание рабочей группы должно состояться в 1968 г.

М. ТРОЯНОВ

* См. «Атомная энергия», 18, 342 (1965).