

## Второе совещание ТК МАГАТЭ по атомно-молекулярным данным для управляемого термоядерного синтеза

Совещание проходило 19—22 мая в Париже. В нем приняли участие 90 представителей из 19 стран (Франции — 27, США — 10, ФРГ — 12, Великобритании — 8, Японии — 4, Бельгии — 5, Италии — 2). От СССР в совещании участвовали В. А. Абрамов и В. А. Беляев (ИАЭ им. И. В. Курчатова). На пленарных заседаниях было заслушано 16 докладов практически по всем аспектам проблемы атомных и молекулярных процессов, представляющих интерес для УТС, а также по проблемам диагностики плазмы. Затем были организованы три рабочие группы: по международному сотрудничеству в области атомно-молекулярных ( $A+M$ ) данных, по моделированию поведения плазмы и по взаимодействию плазмы с поверхностью. Проведенные в каждой группе обсуждения позволили подготовить документы, отражающие современное состояние рассмотренных проблем и определяющие основные направления, по которым следует вести исследования в течение следующих трех лет.

Совещание показало, что в настоящее время достигнуты большие успехи в экспериментальных исследованиях элементарных процессов, которые поставляют данные, необходимые для проведения работ по УТС. К таким данным относятся, например, данные в области измерения сечений перезарядки водорода на многозарядных ионах при большой энергии (Д. Крандал, Ок-Ридж; Г. Гилбодн, Великобритания). Существенные результаты достигнуты в Ок-Ридже при изучении очень важного процесса ионизации многозарядных ионов электронами в широком диапазоне энергий. Аналогичные исследования проводятся и в Великобритании. В то же время по ряду направлений данных явно не хватает. Большой пробел в исследовании процессов столкновений в пристеночной области термоядерных установок вызвал в настоящее время проведение работ по изучению взаимодействия ионов различной кратности с нейтральными частицами при низких энергиях (0,1—1000 эВ). В Ок-Ридже создается установка для таких исследований, возможности которой во многом аналогичны возможностям установки АТОС, созданной в ИАЭ им. И. В. Курчатова (В. А. Беляев). С сообщением о взаимодействии частиц с атомами водорода, находящимися в метастабильном и высоковозбужденных состояниях, выступил Ф. Брюлльяр (Бельгия), который исследует такие процессы при малых энергиях с помощью метода совмещенных догоняющих пучков. Ф. де Хир (Нидерланды) представил количественные данные о ряде процессов с участием водорода,дейтерия, трития. Теоретические доклады по вопросам перезарядки (В. А. Абрамов и др., Р. Янев), возбуждения многозарядных ионов электронами (М. Мак-Доуэлл), структуры термов (М. Клапиш и др.)

позволяют сделать вывод, что и в области теории имеются значительные успехи, позволившие рассчитать ряд эффектов с нужной для современного эксперимента точностью. В целом в результате совещания показано, что ( $A+M$ )-данные необходимы для проведения исследований на современных токамаках, токамаках следующего поколения и для разработки проектов термоядерных реакторов. Признаено, что необходимы дальнейшие систематические исследования по получению ( $A+M$ )-данных, прежде всего для процессов с участием многозарядных ионов. Специальную была подчеркнута необходимость получения данных о парциальных сечениях перезарядки нейтрального водорода на многозарядных ионах, т. е. сечениях перезарядки на уровне с определенными  $n$  и  $l$ . Совещание приняло решение проводить аналогичные встречи один раз в 3 года.

23 и 24 мая в Фонтене-о-Роз состоялось совещание представителей национальных центров по сбору и распространению ( $A+M$ )-данных. В нем приняли участие 23 человека. Это совещание показало, что в настоящее время происходит процесс становления центров, и они превращаются из отдельных малочисленных групп в хорошо оснащенные техническими средствами центры по информационному обслуживанию и хранению-поиску информации. Интересным является центр в Нагое (Япония), который не только собирает и распространяет информацию по ( $A+M$ )-данным, но и периодически организует заседания рабочих групп по проблемам, представляющим интерес для специалистов как в области атомной физики, так и физики плазмы. Уже состоялись заседания по следующим темам: «Роль многократно возбужденных ионов в плазме», «Атомные процессы в лазерной плазме». В конце 1980 г. планируется совещание по теме «Перезарядка в плазме токамака».

После докладов представителей различных центров обсуждались две проблемы: оценка данных и разработка единого формата, удобного для обмена информацией между различными центрами и МАГАТЭ. Детальное обсуждение показало, что в настоящее время нет четких критериев, определяющих, что же представляют собой так называемые «оцененные» данные, какие данные следует оставлять, а какие отбрасывать; по существу, вопрос об оцененных данных остается пока открытым. Анализ технических характеристик ЭВМ, используемых в различных странах, показал, что возможно создать единый формат. При его разработке в значительной мере можно использовать формат EXFOR. В ближайшее время вопрос о создании формата будет окончательно решен.

АБРАМОВ В. А.

## V Европейский симпозиум по нуклон-антинуклонным взаимодействиям

Очередной симпозиум по нуклон-антинуклонным взаимодействиям состоялся 23—28 июня 1980 г. в Италии. В его работе приняли участие около 150 специалистов. Впервые в симпозиуме по данной тематике приняли участие физики из СССР (О. Д. Далькаров, Б. О. Кербиков, ИТЭФ, Москва).

Практически все обсуждавшиеся вопросы были посвящены физике нуклон-антинуклонного взаимодействия при низких и средних энергиях. Интерес к этим проблемам

значительно возрос в последние годы в связи с появлением большого числа экспериментальных указаний на существование нового семейства тяжелых мезонных резонансов с массами 1,5—2,5 ГэВ, сильно связанных с каналом нуклон — антинуклон (эта совокупность тяжелых мезонов получила название «барийоний»). Основные экспериментальные результаты были получены в опытах на пучках антипротонов низкой энергии в Брукхейвене (США) и ЦЕРНе. Обнаружение семейства тяжелых адронов новой

природы в сильной степени стимулировало развитие экспериментальных исследований в этой области, что в конечном счете привело к идеи создания специального накопительного кольца медленных антипротонов LEAR в ЦЕРНе. Ввод в строй этого накопителя позволит получить практически монохроматический ( $\Lambda E/E \approx 10^{-5}$ ) пучок медленных антипротонов высокой интенсивности (по оценкам, в  $10^3 - 10^4$  интенсивнее антипротонных пучков низкой энергии, существующих в настоящее время в мире). Физические эксперименты на LEAR планируются на начало 1983 г. В связи с проектом LEAR экспериментальные данные, представленные на симпозиуме, рассматривались многими участниками как завершающие цикл исследований бариония на существующих антипротонных пучках.

Результаты по физике бариония были суммированы в обзорных докладах Р. Тирпса (БНЛ, США) — эксперименты типа *formation* по изучению полных, упругих и аннигиляционных сечений  $\bar{p}p$  и  $\bar{p}d$ , Д. Перрина (ЦЕРН) — поиск состояний бариония в экспериментах типа *production* на адронных пучках средних и высоких энергий и Л. Таушера (ЦЕРН) — исследование подпороговых состояний бариония в аннигиляции медленных антипротонов в водороде и дейтерии. За последние два года, прошедшие со времени, предыдущего симпозиума, было выполнено более 40 экспериментальных работ. Наибольший интерес вызвали эксперименты по поиску узких ( $\Gamma \lesssim 10$  МэВ) состояний бариония. В большинстве опытов есть указания на существование структуры в области так называемого  $S$  (1940)-мезона, однако количественное согласие между результатами, получеными разными группами, нет. В настоящее время осуществляются два эксперимента: по определению полного и упругого сечения  $\bar{p}p$  (М. Сакитт, БНЛ) и сечения аннигиляции в заряженные пионы (Б. Повх, ЦЕРН). Статистическая обеспеченность этих экспериментов существенно более высока, чем предыдущих. Результаты предполагается получить в течение 1981 г. В то же время данные по фото- и электророждению в опытах типа *production*, а также данные о протон-протонном взаимодействии при высокой энергии подтверждают существование сравнительно узкого ( $\Gamma \leq 20$  МэВ) резонанса в области  $S$  (1940)-мезона. Вопрос об узких ( $\Gamma \leq 10$  МэВ) резонансах в системе  $(\bar{p}p)$  с массами 2,02 и 2,2 ГэВ, несмотря на большое число (около 30) выполненных в последнее время экспериментов, остается открытым, что обусловлено малостью сечения их рождения. По всей видимости, окончательный ответ будет получен только после ввода в строй LEAR. Новые экспериментальные данные со статистикой на порядок лучше, чем у предыдущих, не подтверждают существования узкого  $\bar{p}p$ -резонанса с массой 2,95 ГэВ, а также других узких резонансов с большей массой, предсказываемых в ряде квarkовых моделей бариония.

Существование узких подпороговых состояний  $N\bar{N}$  подтверждается опубликованными до симпозиума данными о наличии дискретного спектра  $\gamma$ -квантов в аннигиляции  $\bar{p}p$  в покое. В настоящее время группой Г. Бакенштоса (ЦЕРН) получен новый спектр  $\gamma$ -квантов в опыте с улучшенной методикой, однако обработка этого спектра не была закончена к началу симпозиума. Близипороговые состояния  $\bar{p}p$  с массами 1794 и 1897 МэВ наблюдались в опытах Т. Калогеропулоса (БНЛ) по аннигиляции медленных антипротонов в дейтерии.

Резюмировать представленные на симпозиум данные можно следующим образом: существование узких состояний бариония с массой, значительно большей двухнуклонной, не подтверждается экспериментами. В то же время имеющиеся указания на возможность существования

спектра узких резонансов касаются лишь сравнительно узкой близипороговой области. Широкие  $N\bar{N}$ -резонансы в области масс 2—2,5 ГэВ уверенно подтверждены представленными данными по полным и упругим сечениям  $p\bar{p}$ -взаимодействия, исследованию спектра эффективных масс  $\bar{p}p$ -системы, рождающейся вперед в реакции  $\pi^-p \rightarrow (\bar{p}p) \pi^-p$ , а также данными фазового анализа двухчастичных процессов  $\bar{p}p \rightarrow K^+K^-$  и  $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$ . Кроме того, на симпозиуме были представлены интересные новые данные по радиационным переходам в атоме  $\bar{p}p$  и более тяжелых антипротонных атомах.

Теоретические доклады касались в основном обсуждения физической природы нового семейства тяжелых мезонных резонансов (бариония). В большом числе докладов, из которых можно выделить доклады Г. Венециано и Чан Нонг Мо (ЦЕРН), обсуждались развиваемые в настоящее время квакровые модели бариония, основанные либо на идеи дуальности и топологическом разложении, либо на идеи существования четырехквакровых систем со «скрытым цветом». Обе эти модели предсказывают узкие высоколежащие состояния бариония, которые пока не наблюдены на опыте. В докладах советских участников, а также теоретиков из США (Ч. Довер, Р. Ришар), Франции (Вин Мо), ФРГ (Б. Шютте) и др. рассматривалась квазидерная модель бариония. Как известно, идея о возможной квазидерной природе бариония была высказана в работах группы И. С. Шапиро (ИТЭФ, Москва), выполненных еще в 1968—1969 гг. На данном симпозиуме представителем теоретической группы ИТЭФ был сделан основной обзорный доклад по теории квазидерного бариония (О. Д. Далькаров). Результаты дискуссии между сторонниками квакровой и квазидерной моделей были подведены в теоретическом обсуждении «за круглым столом» (Г. Венециано, Чан Нонг Мо, О. Д. Далькаров, Ч. Довер, Вин Мо). Участники дискуссии пришли к заключению, что наблюдавшиеся в настоящее время на опыте явления сопредоточены во близипороговой области и согласуются с предсказаниями квазидерной модели, предложенной и развитой теоретиками ИТЭФ.

Существенная часть программы симпозиума была посвящена обсуждению планируемых исследований на накопителе медленных антипротонов LEAR. Необходимо отметить, что LEAR предполагается использовать также в качестве ускорителя на встречных пучках  $\bar{p}p$ . В опытах на встречных пучках намечено изучать спектроскопию новых частиц в области масс от 3 до 4,5 ГэВ. Преимущество пучков  $\bar{p}p$  по сравнению с пучками  $e^+e^-$  состоит прежде всего в том, что спектр разрешенных квантовых чисел системы  $\bar{p}p$  гораздо шире, чем системы  $e^+e^-$ . Из других планируемых на LEAR экспериментов следует отметить проект изучения с помощью лазерной спектроскопии свойств атома  $\bar{p}p$ , который будет образовываться на пучках  $p$  и  $\bar{p}$ , движущихся в одном направлении (интенсивность такого «пучка» атомов  $\bar{p}p$  составляет по оценкам  $10^2 - 10^4$  атом/с).

Таким образом, по результатам прошедшего симпозиума изучение низкоэнергетического нуклон-антинуклонного взаимодействия, в частности нового семейства адронных резонансов (бариония) — новая, весьма перспективная область современной физики элементарных частиц, в предсказании и развитии которой существенная роль принадлежит советским теоретикам.

Следующий Европейский симпозиум по нуклон-антинуклонным взаимодействиям должен состояться в Испании в 1982 г.

ДАЛЬКАРОВ О. Д.