

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

**К. Джеффрис.** Динамическая ориентация ядер. Перевод с английского А. В. Кессениха под редакцией Г. В. Скроцкого. М., Мир, 1965, 320 стр., ц. 1 р. 26 к.

В 1953 г. А. Оверхаузер показал, что возбуждение электронного парамагнитного резонанса в металлах должно приводить к установлению в образце значительной ядерной поляризации, во много раз превышающей термически равновесную поляризацию. Последующими теоретическими и экспериментальными исследованиями было не только доказано существование эффекта Оверхаузера в металлах, но и обнаружен ряд родственных этому эффекту явлений в полупроводниках, парамагнитных и диамагнитных материалах. Развившиеся в результате этих исследований методы получили название динамических методов ориентации ядер. Интерес к работам по динамической ориентации стимулировался не только новизной и необычностью наблюдаемых эффектов, но и в значительной мере открывавшейся возможностью получения поляризованных ядерных мишеней. Успехи в этом направлении, достигнутые к настоящему времени, можно проиллюстрировать тем фактом, что динамическим методом созданы поляризованные протонные мишени с поляризацией протонов 70—80%, работающие при легко доступной температуре около 1° К; эти мишени успешно используются в экспериментах по ядерной физике высоких и низких энергий.

В рецензируемой книге К. Джеффриса излагаются теория, экспериментальные методы и результаты исследований по динамической ориентации ядер. Автор книги — профессор Калифорнийского университета — является одним из пионеров в области динамической ориентации. Его книга в значительной мере основана на материалах работ, выполненных в руководимой им исследовательской группе. Первые четыре главы книги посвящены изложению основ теории электронного и ядерного магнитного резонанса. При этом особое внимание обращено на описание механизмов электронно-ядерных взаимодействий, электронной и ядерной спин-решеточной релаксации, играющих важную роль в процессах динамической ориентации. Теоретическое рассмотрение иллюстрируется конкретными примерами и экспериментальными результатами, полученными автором для ряда солей редкоземельных элементов. В последующих трех главах описываются соответственно три основных метода динамической ориентации, часто называемых по именам их авторов методами Джеффриса, Оверхаузера и Абрагама. Различие между этими методами связано с различием в характере электронно-ядерных взаимодействий и в механизме спин-решеточной релаксации в том или ином классе химических соединений. Теоретическое истолкование процессов, протекающих в этих трех методах, автор проводит на основе простой схемы распределения заселенностей зеемановских уровней электронно-ядерной спиновой системы. Здесь следует отметить, что такой способ интерпретации процессов динамической ориентации не является достаточно строгим и обоснованным. Тем не менее его преимуществом является наглядность и качественно правильное описание экспериментальных результатов. Внимание, уделенное автором каждому, по-видимому, пропорционально степени их практической используемости для получения ориентированных ядерных мишеней. Метод Джеффриса (29 страниц текста) иллюстрируется изложением экспериментов по ориентации и исследованию анизотропии  $\gamma$ -излучения радиоактивных ядер с целью определения спинов и магнитных моментов этих ядер. Методу Оверхаузера посвящено только 9 страниц. Помимо краткой теории метода, приводится лишь сводка результатов некоторых экспериментов, в которых наблюдался эффект Оверхаузера. Наибольшее внимание в книге отводится методу Абрагама (57 страниц). Этот метод применим к очень широкому классу химических соединений, практически к любым твердым диамагнитным материалам, содержащим небольшую примесь парамагнитных центров любого вида. Именно таким методом в кристалле двойного лантан-магниевого нитрата была получена поляризация протонов кристаллизационной воды 80%. К сожалению, большинство экспериментальных работ, выполненных методом Абрагама, преследовало чисто утилитарную цель — получение

максимальной ядерной поляризации. При этом на второй план отодвигались детальное изучение механизма возникновения ядерной ориентации и проверка тех или иных теоретических концепций. Поэтому в настоящее время еще не сформировалась полная и общепринятая теория метода.

В данной книге автор после описания идеализированной схемы чисто феноменологически подходит к учету таких важных факторов, как ширина линии электронного резонанса и роль спиновой диффузии. Хотя полученные автором выводы качественно согласуются с экспериментальными результатами, по-видимому, еще потребуются большая работа для создания более полной и строгой теории. Экспериментальный материал к этой главе изложен в основном на примере большой серии опытов автора с кристаллами лантан-магниевого нитрата. В следующей небольшой главе содержится краткое описание трех установок для получения поляризованных протонных мишеней, использованных в различных ядерно-физических экспериментах. Последняя глава посвящена описанию еще двух возможных методов динамической ориентации: «охлаждению» ядер при вращении кристалла и при «нагревании» электронов проводимости. Оба этих оригинальных метода уже были реализованы практически и дали интересные результаты.

Как приложение в книге помещен перевод статьи А. Абрагама и М. Боргини «Получение поляризованных ядерных мишеней методом динамической поляризации ядер». Эта статья является весьма полезным дополнением к книге Джеффриса, в первую очередь потому, что в ней изложен новый, более глубокий подход к теории динамической поляризации. В основу этой теории положены работы Б. Н. Провоторова по исследованию поведения матрицы плотности спиновых систем в радиочастотных полях. Теория предсказывает появление ряда новых эффектов при динамической ориентации, не поддающихся истолкованию в рамках простой феноменологической схемы. Знакомство с этой новой трактовкой поведения спиновых систем безусловно необходимо для более полного понимания явления динамической ориентации. В статье также приводятся ряд сведений о технике и результатах экспериментов и в заключение обсуждаются дальнейшие перспективы исследований.

Говоря о книге в целом, нужно отметить, что она вполне соответствует своему назначению — служить вводным курсом в физику явления динамической ориентации ядер. Книга написана простым, ясным языком и рассчитана в основном на читателя, впервые знакомящегося с излагаемым материалом. Краткость изложения ряда вопросов обусловлена, конечно, небольшим размером книги, однако обширный список литературы, сопровождающий каждую главу, может восполнить этот недостаток. Ценность книги в значительной степени состоит еще в том, что она является первой книгой в мировой литературе, посвященной быстро развивающимся в настоящее время методам динамической ориентации ядер.

В заключение хотелось бы особо отметить большую и весьма тщательную работу редактора и переводчика русского издания, внесших в книгу многочисленные дополнения и исправления как по просьбе автора, так и в виде собственных подстрочных примечаний.

В. И. Луцкий