

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

538.13

**ОБ ОДНОЙ НЕУДАЧНОЙ КНИГЕ ПО ЯДЕРНОМУ
МАГНИТНОМУ РЕЗОНАНСУ**

В 1964 г. Атомиздат выпустил книгу А. И. Жернового и Г. Д. Латышева «Ядерный магнитный резонанс в проточной жидкости» (254 стр. с илл.) Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) является сравнительно молодым, но уже широко распространенным методом радиочастотной спектроскопии. Основное применение ЯМР нашел для измерения магнитных моментов ядер, в области физико-химических исследований, а также для прикладных целей, например, для измерения и стабилизации магнитных полей и т. п. В настоящее время имеется уже ряд прекрасных монографий, посвященных основам теории и применениям ЯМР.

Авторы книги, как указано в предисловии, «ставили целью на основе имеющегося литературного материала и своих неопубликованных работ изложить особенности ядерного магнитного резонанса в проточной жидкости».

Фактически книга посвящена методам измерений магнитных полей, расхода жидкости и больших времен релаксации на аппаратуре с текущим по трубопроводу образцом, т. е. очень узкому кругу применений ЯМР.

К сожалению, книга написана настолько плохим языком, что часто оказывается невозможно понять, что именно хотят сказать авторы. Так как при этом нечленораздельность изложения, как правило, отнюдь не компенсируется важностью излагаемого материала, очень сомнительно, чтобы этот языковой барьер стремилось преодолеть большое число читателей. Рамки письма не позволяют произвести подробный разбор всех недостатков книги, поэтому остановимся на некоторых из них.

Сразу же следует отметить, что в книге, предназначенной для прикладных целей, полностью отсутствует детальное описание экспериментальных установок для ЯМР с проточным образцом и анализ отличия их от аналогичных установок с неподвижным образцом. Имеющиеся описания схем установок ни в коей мере не могут удовлетворить практические запросы широкого круга читателей.

Теоретический анализ явления ЯМР в проточной жидкости проведен с использованием очень грубых приближений и не дает ответов на основные, важные для практики вопросы относительно формы и амплитуды резонансной линии и пр.

Одна из важных особенностей ЯМР в текущей жидкости состоит в том, что амплитуда и форма линии сигнала ЯМР, изменение суммарной намагниченности ядер вдоль потока и др. во многом определяются гидродинамикой потока. Представления же авторов книги о гидродинамике хорошо иллюстрируются их собственными словами. Во введении (стр. 13) они пишут: «Во всех случаях применения проточного датчика разброс скоростей молекул в струе вызывает дополнительные ошибки измерений. Эти ошибки гораздо меньше, если произведено искусственное выравнивание скоростей по сечению трубопровода. Поэтому при дальнейшем рассмотрении теории проточного датчика с целью упрощения изложения предполагается, что разброс молекул по скоростям невелик. Влияние этого небольшого разброса учтено введением эффективных «нutationных» времен релаксации $T_{1н}$ и $T_{2н}$ » (здесь и далее разрядка наша).

Можно только догадываться, что в данном случае речь идет о гидродинамическом профиле скоростей в сечении, который вполне однозначно определяется параметрами потока. Утверждение авторов, что можно произвести искусственное выравнивание скоростей по сечению трубопровода, является неубедительным, так как получить плоский профиль скоростей в сечении на конечной длине трубопровода невозможно.

По поводу введения эффективных «нutationных» времен релаксации $T_{1н}$ и $T_{2н}$ следует заметить, что они были введены Антоновичем¹ при расчете амплитуды сигнала

ЯМР для формального учета течения жидкости в датчике, когда поляризация ядер и наблюдение сигнала производятся в одном и том же магнитном поле. Для метода, описываемого в рецензируемой книге, когда поляризация и наблюдение сигнала производятся в разных магнитных полях, введение эффективных «нутационных» времен релаксации совершенно недостаточно для учета гидродинамических факторов, так как процессы релаксации ядер в трубопроводе вне высокочастотного поля ими не учитываются.

Развивая теорию ЯМР в текущей жидкости на основании представления о плоском профиле скоростей, авторы лишь для одного частного случая (§ 7.9) пытаются оценить ошибки, связанные с таким приближением. Однако и этот анализ далеко не полный, так как практически ошибки могут быть даже в этом случае значительно больше. В других случаях отклонения экспериментальных данных от рассчитанных по приведенным формулам могут достигать более 100%. Вследствие сказанного формулы, предлагаемые для практических расчетов во второй части книги (гл. 7, 8, 9, 10), оказываются, по существу, непригодными.

Вольность авторов в обращении с основными понятиями гидродинамики приводит к тому, что иногда целые параграфы в книге можно расценивать лишь как недоразумения. Например, в § 1.10, основываясь на собственных представлениях о турбулентности, не учитывающих закон вязкого трения Ньютона и пользуясь уравнением молекулярной диффузии для однородного газа в одномерном стационарном случае (первый закон Фика), авторы получают выражение для коэффициента турбулентной диффузии в трубе, в справедливость которого трудно поверить. Более того, экспериментальное определение коэффициента турбулентной диффузии производится авторами по осциллограмме сигнала ЯМР «при импульсной модуляции намагничения струи» (рис. 1.10), снятой, по-видимому, при ламинарном режиме течения, как это видно из формы фронта.

Иногда даже в постановке задач авторы доходят до абсурда. Например, на стр. 162 постановка задачи об измерении «минимальной осредненной (? — *Авт. письма*) скорости молекул» при течении жидкости в трубе лишена всякого смысла.

При изложении материала авторы проявляют небрежность не только в области гидродинамики, но и в вопросах ядерного магнитного резонанса. На стр. 76 авторы предлагают: «Оценим естественную ширину линии ядерного магнитного резонанса в проточном датчике», и при этом рассматривают... аппаратное уширение. Эта путаница между понятиями естественной и аппаратурной ширины линии фигурирует на протяжении всей книги. Аналогичным образом авторы путают радиационное затухание с радиационной неустойчивостью и др.

На стр. 134, говоря о погрешностях при измерениях магнитного поля, связанных со сдвигом сигнала ЯМР при изменении скорости жидкости, авторы почему-то умалчивают о работе³ (где один из них является соавтором), из которой следуют значительно менее оптимистические оценки точности измерения и стабилизации магнитных полей, чем приведенные в гл. 5 и 6. Голословно утверждая, что погрешность, связанную со сдвигом сигнала ЯМР, можно устранить разумным конструированием датчика, авторы пытаются завуалировать существо этого явления.

Изложение вопроса об измерении скорости спинового обмена в § 6.10 свидетельствует о том, что авторы не знакомы с общей теорией релаксации⁸ и с теорией релаксации в системе двух спинов^{9, 10}. Вероятно, поэтому авторам приходится вводить новые понятия для обозначения отдельных релаксационных вкладов в продольную релаксацию и составлять систему уравнений (19,10) на стр. 226, путая при этом понятия химического обмена и вклада межмолекулярного взаимодействия в продольную релаксацию. Единственный эксперимент с водным раствором KH_2PO_4 , приводимый авторами, мог быть полностью интерпретирован на основе хорошо известной теории^{9, 10}. Неясно, какими соображениями руководствовались авторы, вычисляя коэффициенты спиновой диффузии в жидкости, используя выражение, полученное в работе⁴ для твердого тела. В заслугу авторам можно было бы поставить широкое привлечение материалов работ других исследователей. Однако ссылки на эти работы зачастую даются весьма своеобразно. Например, при чтении раздела о многоквантовых переходах (стр. 52—54) можно понять, что авторы излагают свои собственные экспериментальные результаты, а в работе, на которую дана ссылка, проверен лишь частный вопрос о возможных ошибках эксперимента, обусловленных обертонами генератора. На самом же деле весь излагаемый на этих страницах материал взят из работ Вилькинга^{5, 6}. Аналогичным образом излагаются работы и других исследователей (стр. 57—59, 81—86, 116—118 и др.). Характерно, что копии почти всех рисунков и таблиц, взятых из работ советских и иностранных авторов, даются без ссылок (рис. 12.2, 13.2, 14.2—16.2, 11.3—17.3, 21.3—30.3, 5.4, 6.4 и др.).

Заметим, что в обзорах литературы (введение и § 1.9), а также при изложении некоторых своих работ (стр. 186, 201, 211, 219, 221 и др.) ссылки приводятся согласно общепринятым нормам.

В книге нередки случаи довольно свободного толкования существа излагаемых работ. Например, при изложении работы Хеннекина⁷ на стр. 224 авторы пишут:

«Хеннекин исследовал изменение сверхтонкой структуры спектров ЯМР в магнитном поле с напряженностью, сравнимой с расстоянием между линиями спектра». На самом же деле Хеннекин проводил исследования в магнитном поле с напряженностью, сравнимой с расстоянием между несмещенной линией водорода и ненаблюдаемой линией фосфора. Это различие очень существенно и принципиально.

На стр. 6, излагая результаты работы², авторы приводят вывод, в результате которого получается выражение для T_1 , противоречащее как приведенному определению, так и излагаемой работе и т. п.

Нередко встречаются просто математические несуразности. Так, при преобразовании выражения (5.3) в (11.3) на стр. 67—69 были неправильно использованы формулы Эйлера и, как следствие, получен неверный результат, из которого следует, что амплитуда сигнала ЯМР есть существенно мнимая величина.

На стр. 146 авторы утверждают, что выражение (2.7) равно нулю «при некотором оптимальном расходе, когда первое и второе слагаемое равны по величине». Однако легко видеть, что оба члена в выражении (2.7) существенно отрицательные величины, так как по условиям авторов $H_T < H_D$.

Приложение 3 настолько перегружено всякого рода математическими ошибками, что разбирать их здесь не имеет смысла.

Вызывает удивление рис. 4.1 на стр. 23. При перестроении экспериментальных данных из одних координат в другие (из рис. 4.1а в 4.1б) число экспериментальных точек увеличилось (из 5 стало 8). На некоторых экспериментальных кривых (рис. 2.9, 5.10, кривые 3 и 4 на стр. 230 и др.) экспериментальные точки отсутствуют, в то время как на теоретических кривых (рис. 18.3, 20.3, 2.5 и др.) проставлены какие-то точки.

Книга содержит массу опечаток и ошибок в формулах и в тексте, много жаргонных и стилистически неправильных выражений, затрудняющих понимание излагаемых вопросов, а также ляпусов типа: «...поляризатор с центробежным распределением скорости» (стр. 26), «...вода ...гравитационно протекала» (стр. 104), «...закон уменьшения импульса сигнала тождественен закону его роста. В этом можно убедиться, совместив один из фронтов импульса с другим фронтом, зеркально отраженным от оси времени» (стр. 217), амплитуда сигнала «пропорциональна избытку ядер в верхнем (! — *Авт. письма*) энергетическом состоянии» (стр. 11) и т. п.

При чтении книги бросается в глаза подчеркивание авторами приоритета А. И. Жернового почти по всем затрагиваемым в книге вопросам, в большинстве случаев необоснованное.

Мы полагаем, что даже этот далеко не полный перечень недостатков книги показывает, что научная ценность ее весьма проблематична. Более того, специальная комиссия Президиума АН КазССР по проверке достоверности ряда экспериментальных данных, содержащихся в книге, пришла к выводу, что авторы книги, А. Н. Жерновой и Г. Д. Латышев фальсифицировали в ряде случаев экспериментальные данные (стр. 250, рис. 5.10, кривая 3; стр. 25; стр. 23, рис. 4.1; стр. 216—218, рис. 1.0; стр. 144 и т. д.). Таким образом, книга способна к тому же и дезинформировать читателя. Приходится сожалеть, что Атомиздат выпустил в свет недоброкачественную книгу.

О. В. Павлов, С. П. Пивоваров, А. Б. Рухин, Г. И. Яковлев

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Antonowicz. Bull. Acad. Polon. Sci., 5, 1069 (1957).
2. P. M. Denis, G. J. Vene, R. C. Extermann, Arch. Sci. 5, 32 (1952).
3. А. И. Жерновой, А. Б. Рухин, Изв. АН СССР, сер. физ. 27, № 7 (1963).
4. Г. Р. Худишвили, ЖЭТФ 42 (5), 1311 (1962).
5. S. Wilking. Zs. Phys. 157, 401 (1959).
6. S. Wilking, Zs. Phys. 157, 384 (1959).
7. J. Hennequin. Ann. de phys. 6, 946 (1961).
8. R. Kubo, K. Tomita, J. Phys. Soc. Japan. 9, 888 (1954).
9. J. Solomon. Phys. Rev. 99, 559 (1955).
10. J. Solomon, N. Bloembergen, J. Chem. Phys. 25, 261 (1956).