

БИБЛИОГРАФИЯ

530.145.6(049.3)

**ПРОБЛЕМА ТРЕХ ТЕЛ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ**

Glöckle W. The Quantum Mechanical Few-Body Problem. Berlin; Heidelberg; New-York; Tokyo; Springer-Verlag, 1983.—197 p.— (Texts and Monographs in Physics.)

Эта небольшая монография, написанная профессором Университета в Бохуме (ФРГ) Вальтером Глёлке, представляет собой введение в современную квантовомеханическую теорию систем, состоящих из малого числа (трех, четырех и более) частиц, применительно главным образом к задачам ядерной физики низких энергий. В мировой обзорной и монографической литературе эта теория отражена в основном в виде обзорных статей и сборников трудов конференций, а также в виде отдельных глав монографий по общей теории рассеяния. Что же касается специальных монографий по теории трех тел, то их имеется считанное число. Доступна читателю фактически лишь одна из них — книга Э. Шмида и Х. Цигельмана «Проблема трех тел в квантовой механике» (перевод: М.: Наука, 1979).

Между тем интерес к квантовомеханической проблеме малого числа тел в плане ее приложений к ядерной и атомной физике возрастает с каждым годом. Это связано с многими причинами: началом работы мезонных фабрик, появлением практически важных задач типа проблемы мюонного катализа и др. Соответственно растет круг людей, начинающих заниматься проблемой трех тел и испытывающих нужду в просто и доступно написанном руководстве, которое носило бы вводный характер и требовало лишь знания квантовой механики в объеме университетских курсов. Именно такой характер и имеет книга Глёлке (упомянутая выше монография Шмида и Цигельмана ориентирована главным образом на специалистов).

Содержание книги Глёлке в достаточной степени характеризуется уже перечислением названий ее глав с краткими комментариями к ним. Гл. 1 «Элементы потенциальной теории рассеяния» носит вводный характер. В гл. 2 «Теория рассеяния для двухнуклонной системы» подробно рассматриваются те усложнения аппарата теории, которые связаны с введением спиновых переменных. Центральная в книге гл. 3 «Три взаимодействующие частицы» содержит изложение современной квантовомеханической теории трех тел, причем наряду с наиболее популярным методом Фаддеева рассматриваются и другие подходы. Наконец, в гл. 4 «Четыре взаимодействующие частицы» излагается (существенно подробнее, чем в других руководствах) теория четырех тел.

Уже отмеченный вводный характер книги и ее малый объем привели к тому, что за ее бортом остались такие бурно развивающиеся в последнее время разделы теории трех тел, как, например, теория систем заряженных частиц, а число физических приложений оказалось чрезвычайно малым. Однако ценность книги в другом: она, как представляется, способна быстро ввести малоподготовленного читателя в круг проблем современной теории малого числа тел, заполняя тем самым соответствующий пробел в мировой литературе.

Д. А. Куржниц

539.12(049.3)

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ С АНТИПРОТОНАМИ  
И ОТКРЫТИЕ W-БОЗОНА**

Antiproton-proton Physics and the W Discovery/Ed. J. Tran Thanh Van: Proceedings of the International Colloquium of the CNRS and Third Moriond Workshop. La Plagne-Savoie, France, March 13—19, 1983.— Editions Frontieres, France, 1983.—665 p.

В марте 1983 г. во Франции состоялось очередное совещание из серии ежегодных «Встреч в Морионе», посвященных проблемам физики высоких энергий. Целью совещания было подведение итогов первого этапа работы SPS-коллайдера в ЦЕРНе. Эти итоги

действительно были впечатляющими. Прежде всего среди них, конечно, следует отметить открытие промежуточных бозонов. Весьма интересны также данные по традиционным характеристикам взаимодействий частиц — сечениям, угловым и импульсным распределениям и т. п. В ноябрьском (1983 г.) выпуске журнала «Успехи физических наук» уже был дан краткий обзор полученных результатов.

Здесь мы хотели бы обратить внимание читателей на то, что вышли в свет труды упомянутого выше совещания, в которых можно найти более подробное изложение всех этих вопросов. В них содержатся тексты 55 докладов, заслушанных на совещании по следующим темам: данные о полных сечениях и об упругом рассеянии, физика неупругих процессов с малыми поперечными импульсами, взаимодействия при очень высоких энергиях (данные из космических лучей), физика струй, лептоны с большими поперечными импульсами и тяжелые кварки (в этот раздел включены доклады о наблюдении  $W$ -бозонов), коллайдеры и детекторы, заключительные сообщения. Физические результаты, приводимые в цитируемом сборнике, уже обсуждались в УФН, поэтому здесь укажем лишь, что в последних двух разделах рассматриваются вопросы, связанные с работой ускорителей (в частности, приведены характеристики накопителя антипротонов в ЦЕРНе и обсуждены его возможные модернизации), с постановкой на них экспериментов (характеристики детекторов UA1, UA2 и LАPDOG), а также с дальнейшими перспективами развития ускорительной физики (коллайдер Фермилаба, многотэвный коллайдер \*) и с общими прогнозами на будущее физики высоких энергий (доклад П. Дарриуля «Физика коллайдеров: достижения и ожидания»). Специалисты найдут много интересующих их данных в докладах, содержащихся в этом сборнике.

*И. М. Дремин*

537.312.6(049.3)

## СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В ТРОЙНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

*Superconductivity in Ternary Compounds. II: Superconductivity and Magnetism/Ed. M. B. Maple, F. Fischer. — Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag: 1982. — 306 p. — (Topics in Current Physics. . 34.)*

Книга посвящена магнитным сверхпроводникам, т. е. соединениям, в которых обнаруживается сверхпроводимость и магнитное упорядочение. Она содержит девять обзоров ведущих специалистов в этой области, и они дают информацию о всех наиболее важных экспериментальных фактах, известных к настоящему времени.

Сейчас известно большое число различных типов кристаллов, проявляющих сверхпроводящие и магнитные свойства; наиболее интенсивно исследуются два класса — тройные бориды родия и редкоземельных элементов (RE)Rh<sub>4</sub>B<sub>4</sub> и тройные халькогениды молибдена и редкоземельных элементов (RE)Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>. В обоих случаях редкоземельные магнитные ионы образуют регулярную структуру, и при довольно низких температурах  $T_M$  порядка 1К или нескольких К магнитная система упорядочивается ферромагнитно или антиферромагнитно. В то же время при температурах  $T_C$  примерно такого же масштаба может наблюдаться переход в сверхпроводящее состояние, а во многих соединениях обнаружены оба перехода. Поэтому в тройных соединениях можно наблюдать фазу сосуществования магнетизма и сверхпроводимости. Интерес к этой фазе связан с тем, что магнитное и сверхпроводящее упорядочение конкурируют друг с другом, и вопрос о структуре фазы сосуществования и ее свойствах отнюдь не тривиален. Наиболее интересным оказывается случай взаимодействия сверхпроводимости и ферромагнитного упорядочения, и соединения EgRh<sub>4</sub>B<sub>4</sub> и HoMo<sub>6</sub>S<sub>8</sub> позволяют исследовать экспериментально как раз эту наиболее острую ситуацию.

В статье Джонстона и Брауна «Систематика сверхпроводимости в тройных соединениях» дан обзор кристаллографических и сверхпроводящих свойств тройных соединений (фаза Шевреля) и исследован вопрос о зависимости величины  $T_C$  от структуры. Все тройные соединения имеют кластерную структуру со значительным переносом заряда с редкоземельных ионов на кластеры (Rh<sub>4</sub>B<sub>4</sub> или Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>), причем температура  $T_C$  сильно зависит от заряда кластера. Отмечается, что новые тройные или четверные соединения могут быть получены интеркалированием нового элемента в пустые места бинарных кристаллов или замещением некоторых элементов бинарных соединений на новые элементы. Приведены таблицы параметров кристаллических структур и точки  $T_C$  и  $T_M$  для большого числа тройных соединений разных классов.

В статье Декруа и Фишера «Критические поля в тройных халькогенидах молибдена» рассмотрены соединения, рекордные по величине верхнего критического поля  $H_{C2}$ . Изложению экспериментальных фактов предшествует обзор основных теоретических представлений об эффектах, ограничивающих величину  $H_{C2}$  (парамагнитный эффект, орбитальный эффект, влияние заряженных примесей и спин-орбитального рассеяния, обменное взаимодействие и роль анизотропии). Для большого числа соединений приведены экспериментальные данные для зависимости  $H_{C2}$  от состава (для сплавов), температуры

\*) Доклад на эту тему был сделан К. Руббиа, но текст его не представлен в труды совещания (наряду с текстами еще девяти других докладов).

и направления поля по отношению к осям кристалла. Обсуждается также вопрос о величине критических токов для рассматриваемых соединений в связи с их практическим применением.

Обзор Мэйла, Хэмейнера и Вульфа посвящен соединениям  $(RE)Rh_4V_4$  и станидам переходных и редкоземельных элементов типа  $(RE)M_xSn_y$ . Большинство боридов оказываются сверхпроводниками и одновременно антиферромагнетиками. Теория и эксперимент показывают, что эти два типа упорядочения мирно сосуществуют друг с другом. Влияние антиферромагнитного упорядочения на сверхпроводящие свойства проявляется при этом лишь в присутствии внешнего магнитного поля, т. е. в зависимости  $H_{c2}$  от температуры появляется аномалия в точке Нееля. Однако в  $ErRh_4V_4$  сверхпроводящая фаза, устанавливающаяся ниже  $T_{c1} \approx 8,7$  К, разрушается после появления магнитного упорядочения в точке  $T_M \approx 1,2$  К, причем образец переходит в нормальное ферромагнитное состояние при  $T_{c2} \approx 0,8$  К. В области между  $T_M$  и  $T_{c2}$  обнаружена фаза сосуществования с неоднородным магнитным упорядочением, характерный волновой вектор которого равен  $0,06 \text{ \AA}^{-1}$ . Рассмотрены аномалии теплоемкости, коэффициента линейного расширения, температурный ход намагниченности и верхнего критического поля в поликристаллических образцах  $ErRh_4V_4$ , а также результаты экспериментов по рассеянию нейтронов на монокристалле  $ErRh_4V_4$ . Отмечается, что сосуществование сверхпроводимости и магнетизма становится возможным благодаря слабому косвенному взаимодействию РККИ между электронами и локализованными моментами (ЛМ).

Статья Ипикавы, Фишера и Мюллера посвящена сверхпроводимости и магнетизму в соединениях  $(RE)Mo_6X_8$  (X-S, Se). В этом классе во многих соединениях обнаружено сосуществование сверхпроводимости и антиферромагнетизма, но есть также один возвратный сверхпроводник  $HoMo_6S_8$  с  $T_{c1} \approx 1,8$  К,  $T_M = 0,75$  К и  $T_{c2} = 0,7$  К. С помощью данных для зависимости  $T_c$  от  $x$  в сплавах  $(RE)_xY_{1-x}Mo_6S_8$  определены параметры обменного взаимодействия электронов и ЛМ для ряда атомов RE и приведены зависимости  $H_{c2}$  от температуры для антиферромагнитных сверхпроводников.

В обзоре Фримена и Ярлборга «Электронная структура и сверхпроводимость/магнетизм в тройных соединениях» приведены результаты численных расчетов зонной структуры тройных соединений. Найдена плотность электронных состояний, параметр обменного взаимодействия и оценены значения дебаевской температуры, параметра взаимодействия электронов с фононами и значения  $T_c$  для тройных боридов. Оценки находятся в хорошем согласии с экспериментальными фактами. Отмечено, что слабое обменное взаимодействие объясняется сильным переносом заряда с ионов RE на кластеры, в результате чего локальная плотность электронов проводимости на ионах RE оказывается малой.

Результаты мёссбауэровских и ЯМР исследований тройных сверхпроводников содержатся в обзоре Фрадина, Данлапа, Шеноя и Кимбала. Здесь дана информация о расщеплении уровней ионов в электрическом кристаллическом поле. Отмечено, что мёссбауэровское значение магнитного момента  $ErRh_4V_4$  в низкотемпературной ферромагнитной фазе не согласуется с результатами измерения этой величины по когерентному рассеянию нейтронов. Это различие, беспрецедентное в соединениях с регулярным расположением магнитных ионов, говорит о присутствии хаотической компоненты момента в магнитоупорядоченной фазе и свидетельствует о том, что  $ErRh_4V_4$  не относится к стандартным ферромагнетикам.

Томлинсон, Ширане, Линн и Монктон представили статью о нейтронных исследованиях магнитного упорядочения в тройных сверхпроводниках. Здесь содержится информация о магнитной структуре и величине магнитных моментов в тройных боридов и халькогенидах, а также ряда псевдотройных соединений типа  $Ho_xEr_{1-x}Rh_4V_4$ . Большое внимание уделено неоднородной магнитной структуре в фазе сосуществования возвратных ферромагнитных сверхпроводников  $ErRh_4V_4$  и  $HoMo_6S_8$ . В последнем волновой вектор магнитной структуры составляет  $0,03 \text{ \AA}^{-1}$ , и неоднородная магнитная структура исчезает в присутствии магнитного поля порядка 400 Э.

Обзор теоретических исследований магнитных сверхпроводников содержится в статье Фулде и Келлера. Он включает рассмотрение влияния антиферромагнитного упорядочения на сверхпроводимость и исследование фазы сосуществования с неоднородной магнитной структурой ферромагнитных сверхпроводников в рамках обменного и электромагнитного механизма взаимодействия электронов проводимости и ЛМ. Анализируются также работы по магнитным флуктуациям в сверхпроводящей фазе и обсуждается возможность реализации сверхпроводящего спаривания с ненулевым моментом.

Все обзоры содержат практически полный список библиографических данных по рассматриваемым соединениям, а также теоретическим исследованиям. В целом книга дает исчерпывающее представление о круге вопросов, связанных с эффектами взаимодействия магнетизма и сверхпроводимости.

*Л. Н. Булаевский*

