

53(049.3)

## ФИЗИКА ОДНОМЕРНЫХ СИСТЕМ

Physics in One Dimension/Ed. J. Bernasconi, T. Schneider — Berlin; Heidelberg; New-York: Springer-Verlag, 1971.—365 p.— (Springer Series in Solid-State Sciences. V. 23).

В последние годы большую актуальность приобрело исследование низкоразмерных (одномерных и двумерных) систем. Связано это как с появлением новых и расширением круга исследуемых объектов (органические соединения и полимеры, сильно анизотропные кристаллы, интеркалированные соединения, тонкие проволоочки и пленки), так и с тем, что соответствующие объекты обладают целым рядом специфических черт, отличающих их от обычных (изотропных трехмерных) веществ. Возросший интерес к физике одномерных систем проявился в том, что за последнее время вышел целый ряд книг и сборников, посвященных этим вопросам. В основном, это или труды специальных конференций, или лекции тех или иных школ.

Большая часть этих сборников посвящена одному классу объектов — квазиодномерным органическим соединениям типа солей TCNQ и комплексов металлов (например, КСР). В то же время имеется и много других веществ, также обладающих квазиодномерным поведением; существует и целый ряд теоретических подходов и результатов, одинаково важных, скажем, как для квазиодномерных проводников, так и, например, для одномерных магнитных систем.

Рецензируемая книга, видимо, первая, в которой собраны материалы из разных областей физики, относящиеся к одномерным системам. По своему характеру этот сборник является в некотором смысле промежуточным между собранием лекций или обзоров и трудами конференции. Он основан на докладах, представленных на международную конференцию, происходившей во Фрайбурге (Швейцария) в 1980 г.; однако существенная доля (больше половины) материала, вошедшего в книгу, — это доклады, приглашенных ведущих специалистов, представляющие собой сжатые, но довольно полные и доведенные до самого современного уровня обзоры по основным разделам физики одномерных систем. Сборник отличается широтой рассмотренных проблем. Среди них и наиболее актуальные теоретические вопросы: нелинейные явления и солитоны, неупорядоченность и локализация, и разные экспериментально изучаемые объекты и явления: одномерные магнетики, квазиодномерные проводники, полимеры, тонкие проволоочки, сверхионные проводники.

«Одномерная» физика интересна сама по себе, но важна и в более широком плане. В этом смысле показательно заглавие первой вводной лекции Маттиса (D. C. Mattis) «Как свести практически любую задачу к одномерной». Известно, что многие одномерные модели и задачи могут быть решены точно. Поэтому, если удастся свести к какой-либо из них трехмерную проблему, можно надеяться получить для нее если не точное решение, то по крайней мере ряд весьма важных результатов. Маттис в своей лекции описывает, какие именно многомерные задачи и каким способом удается свести к одномерным. В качестве примеров рассмотрены проблема Вигнера нахождения плотности состояний системы, задаваемой случайными гамильтонианами (случайными матрицами), а также задача о магнитной примеси в металле (проблема Кондо). Эта последняя проблема была недавно точно решена Вигманом (Москва) и Андреем (США) именно путем ее сведения к одномерной задаче.

Основное содержание книги разбито на ряд разделов. За первым, вводным, следует раздел «Солитоны». Он посвящен весьма актуальной теме — нелинейным возбуждениям в одномерных системах и содержит 9 теоретических докладов. Доклад D. N. McLaughlin посвящен общему обзору математических проблем, основных применяемых методов и результатов в теории нелинейных систем. Статистическая механика солитонов рассматривается в лекции A. R. Bishop. Классическая статистическая механика нелинейных систем с солитонами обсуждается также в докладе T. Schneider и E. Stoll; в нем, в частности, приводятся результаты численных расчетов свойств подобных систем методом молекулярной динамики.

Существенное развитие получило в последнее время квантовое рассмотрение нелинейных задач. Оно оказывается важным не только для теории конденсированных веществ, но и для физики элементарных частиц. В сборнике эта тематика освещена в докладах M. Fowler; E. Bergknip и L. H. Cooper; K. Maki. В частности, в них обсуждается взаимосвязь различных одномерных моделей (модель синус-Гордона, нелинейное уравнение Шредингера, одномерная синусовая цепочка), а также рассмотрено соотношение разных используемых здесь методов (метод обратной задачи, гипотеза Бете). Интересному вопросу — возможности конечной или бесконечной последовательности переходов между разными структурами (так называемая «дьявольская лестница») в нелинейных системах — посвящен доклад P. Bak.

Солитонная идеология, изложенная в этом разделе, играет сейчас весьма важную роль во многих конкретных применениях, по существу она пронизывает и все остальные разделы сборника и во многом связывает их воедино. Можно сделать вывод, что это сейчас, пожалуй, наиболее актуальная проблематика в физике квазиодномерных соединений.

Вопросы о солитонных возбуждениях затрагиваются практически почти во всех докладах в разделе III, посвященном квазиодномерным магнитным системам. Детальный обзор современного состояния теории квантовых спиновых цепочек дан в обзоре J. C. Bonner и др., открывающем этот раздел; в нем обсуждаются, в частности, свойства димеризованных спиновых цепочек и спин-пайерлсовский переход.

Четвертый раздел посвящен новой и чрезвычайно активно развивающейся области — проводящим полимерам (в основном, полиацетилену). Этот материал, очень интересный с физической точки зрения и перспективный для целого ряда приложений, сейчас исследуется весьма широко. Две основных обзорных статьи этого раздела (авторы первой A. J. Heeger и второй W. P. Su, S. Kivelson и J. R. Schrieffer) посвящены соответственно экспериментальному и теоретическому изучению солитонов в полиацетилене. Хигер приводит ряд экспериментальных данных в пользу солитонного механизма проводимости в чистом и легированном полиацетилене. Теоретические аспекты поведения одномерных систем с солитонами, помимо Шриффера с сотр., обсуждает на примере полиацетилена и системы со спин-пайерлсовским переходом J. Horigowitz; в частности, он приходит к выводу, что из-за притяжения солитонов переход между соизмеримой и несоизмеримой фазами должен быть переходом I рода.

В пятом разделе рассмотрены свойства более традиционного класса соединений, которые первыми стали исследоваться в качестве представителей одномерных проводников — системам типа солей TCNQ. В лекции Т. М. Rice рассмотрены основные теоретические представления о возможных типах упорядочения в квазиодномерных проводниках, в особенности тех, в которых не происходит пайерлсовский переход в диэлектрическое состояние. Обсуждаются условия появления состояния с волной спиновой плотности, а также синглетной и триплетной сверхпроводимости. В качестве примеров разобраны свойства соединения  $\text{Hg}_{2.88}\text{AsF}_6$ , которое оказывается сверхпроводящим, и органическое соединения  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ , в котором при нормальном давлении существует волна спиновой плотности, а при повышении давления возникает сверхпроводящее состояние.

Экспериментальному исследованию соединений типа  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  посвящен доклад D. Jerome и H. J. Schulz. Обнаружение сверхпроводимости в чисто органических соединениях этого класса — это, по-видимому, одно из наиболее ярких событий в физике квазиодномерных систем за последнее время (другое, видимо, — это исследование весьма нетривиальных и перспективных свойств полиацетилена). Помимо органических сверхпроводников, в этом же докладе рассмотрены интересные новые результаты по поведению прежнего «фаворита» — TTF—TCNQ — под давлением.

Последний доклад этого раздела, автор которого R. M. Fleming, содержит обзор свойств другого квазиодномерного проводника —  $\text{NbSe}_3$ . По-видимому, сейчас это единственное соединение, в котором установлено наличие так называемой фрелиховской проводимости (проводимость за счет «скольжения» волны зарядовой плотности).

В следующем, шестом, разделе сборника обсуждается еще одно ставшее за последнее время весьма популярным направление — исследование эффектов локализации в неупорядоченных системах. Однако несмотря на присутствие на конференции и участие в сборнике одного из основателей этого направления Таулеса (D. J. Thouless), этот раздел, пожалуй, не настолько полно отражает состояние исследований в этой области, как предыдущие. Наиболее интересен здесь, помимо наибольшей, но содержательной лекции Таулеса, доклад N. Giordano, посвященный экспериментальным исследованиям локализации электронов в тонких проволочках. Интересным является также статья W. G. Clark, в которой дан хороший обзор свойств спиновых цепочек со случайным обменным взаимодействием (в основном, на примере солей TCNQ).

И, наконец, в последнем, седьмом, разделе сборника собраны статьи, посвященные смежным вопросам. Здесь обсуждаются одномерные сверхионные проводники, кулоновские системы, динамика экситонов в одномерных молекулярных системах, а также критические явления в некоторых специальных моделях.

В целом рецензируемый сборник дает весьма полное представление об основных явлениях, встречающихся в физике различных одномерных систем, и о наиболее перспективных направлениях их исследования. Он показывает также, в каких отношениях «одномерная физика» может послужить развитию других, иногда весьма далеких, областей физических исследований.

Д. И. Хомский.