539.126(049.3)

ФИЗИКА МЕЗОАТОМОВ

Е. Ким. Мезонные атомы и ядерная структура. Перевод с англ. Г. Я. Коренмана, В. П. Попова и Е. Л. Ядровского. М., Атомиздат, 1975, 224 с.

Физика мезоатомов — одно из новых направлений исследований, берущих свое начало в физике элементарных частиц. Но ценна она не только для последней и интересна не только сама по себе. Методы ее позволяют изучать свойства мезоатомов и мезомолекул в целом, веществ, в состав которых они входят, и характеристики составляющих их ядер и частиц. Поэтому прогресс в этой области исследований полезен многим смежным с ней областям физики и, казалось бы, далекой от нее науке — химии.

Неудивительно, что физике мезоатомов уделяется в последнее время большое внимание и в экспериментальном и в теоретическом плане. Уже запущены три сильноточных ускорителя — «мезонные фабрики» в США, Канаде и Швейцарии, поднимаются интенсивности пучков на многих старых машинах, растет количество теоретических работ как прикладного, так и принципиально физического характера. Рецензируемая книга Е. Кима, вышедшая в свет на английском языке в 1971 г.,— первая попытка систематически изложить экспериментальный и теоретический материал по физике мезоатомных явлений, накопленный в «дофабричную эру». Как всякая первая книга, пытающаяся осветить состояние бурно развивающейся области, она имеет достоинства и недостатки. Основное ее достоинство — в том, что в ней сжато, качественно изложены результаты, ставшие классическими. (Желающие глубоко изучить предмет все равно изучают классические работы в подлиннике.) Недостаток книги — в том, что многие количественные данные, приведенные в ней, сейчас существенно уточнены. Достижения последних лет подытожены в «Трудах» VI Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра, состоявшейся летом 1975 г. в Санта-Фе (США).

Гл. 1 книги — вводная. В ней дано описание общей картины мезоатомных процессов: образование мезоатомов и мезомолекул, влияние на эти процессы химической структуры вещества, передача мезонов от атома к атому при столкновениях, каскадные переходы в образующихся мезоатомах с испусканием рентгеновских квантов и электронов Оже. Приведены также основные понятия и формулы, необходимые для описания свойств мезоатомов: волновые функции, уровни энергии и их сдвиги за счет поляризации вакуума, электронного экранирования и поляризации ядер, тонкое и сверхтонкое расщепление уровней. Отметим возникшее в 1971—1972 гг. расхождение между вычисленными и измеренными положениями линий рентгеновских переходов в тяжелых мезоатомах (от кальция до свинца). Расхождение составляло сначала две-три стандартные ошибки. В настоящее время после вычисления поправок $\sim\alpha^2(Z\alpha)^2$ и $(Z\alpha)^n$ при $n \geqslant 3$ и повторных экспериментов (результаты которых были доложены в Санта-Фе) расхождение сведено до одной-двух ошибок.

Наиболее развернутая и законченная часть книги — гл. 2 — посвящена изучению мюонных атомов. В ней подробно обсуждаются методы и результаты исследования структуры ядер и, в частности, распределение плотности зарядов в сферических и деформированных ядрах. Приводятся различные способы параметризации плотности заряда с помощью конечного числа параметров. Обсуждены эксперименты и даны формулы, необходимые для определения этих параметров: поляризации и сжимаемости ядра, изотопических, изотонных и изомерных сдвигов уровней мезоатомов и т. д. Рассмотрены также динамические эффекты: возбуждение вращательных уровней в ядрах при каскадных переходах мюона, деление ядер при безызлучательных переходах мюона, деполяризация мюонов в мюонных атомах из-за спин-орбитального и спин-спинового взаимодействий. Обсуждается возможность образования мюонных атомов при распаде тяжелых гиперядер.

В гл. 3 и 4 описываются свойства пионных и каонных атомов, в частности свойства их рентгеновских серий. Сильное взаимодействие отрицательных пионов и каонов с нуклонами ядер приводит к поглощению этих мезонов нуклонами на нижних уровнях атомов, вследствие чего в сериях отсутствуют низшие линии. Таким образом, удается непосредственно оценить радиусы ядер, причем отдельно их протонный и нейтронный радиусы. Обсуждаются методы определения масс мезонов по измерениям энергии их каскадных переходов. Кратко описываются свойства Σ^-- и Ξ^--гиперонных атомов, а также антипротонных атомов. В дополнение заметим, что в настоящее время изучена зависимость радиусов ядер изотопов Zn, Cu, Ni, Co, Fe от числа содержащихся в них

нейтронов. Обнаружена линейная зависимость между избытком нейтронов и увеличением радиуса ядра независимо от заряда ядра.

Две последние главы книги носят справочно-библиографический характер. В гл. 5 дано описание мезомолекулярных процессов в водороде, вызываемых μ^--мезонами: образование мезомолекул, их уровни энергии, катализ ядерного синтеза в водороде и внутренняя конверсия мюонов. В гл. 6 рассмотрены атомарные свойства мюония — системы, состоящей из положительного мюона и электрона. Приведены формулы его уровней энергии с учетом тонкой и сверхтонкой структуры. Отметим, что в настоящее время в Лос-Аламосе измерено сверхтонкое расщепление в мюонии с большой точностью: $\Delta\nu = 4463201{,}1$ (1,6) *кгц* (6,36 ppm) и зафиксирована ларморовская прецессия в системе $\alpha\mu^-e^-$. Дальнейшие измерения в этой системе позволят сравнить сверхтонкую структуру систем μ^+e^- и μ^-e^-, что важно для проверки CPT-теоремы.

Химическое взаимодействие мюония, который можно рассматривать как легкий изотоп водорода, походит на взаимодействие водородного атома. Это дает новый физический метод изучения химических свойств вещества. В книге Кима этому порспективному и большому направлению посвящены два последних параграфа. Отметим, что новые аспекты физики мюонов отражены в трехтомном сборнике «Muon Physics», v. I—III, Ed. V. Hughes and C. S. Wu (N.Y.— L., Academic Press, 1975).

В приложении к книге Е. Кима даны полезные таблицы и приложения и обширный библиографический материал, дополненный переводчиками несколькими работами 1972—1973 гг. Книга может служить хорошим введением для студентов, аспирантов и научных работников, специализирующихся в этой области физики, и как справочник для специалистов. В заключение можно выразить сожаление, что эта нужная книга не была переведена в более сжатые сроки. Качество перевода и оформление книги хорошие.

Владимир М. Дубовик

53(083.9)

КНИГИ ПО ФИЗИКЕ, ВЫПУСКАЕМЫЕ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «МИР» В 1976 г.

Намечаемые к изданию в 1976 г. книги посвящены фундаментальным проблемам различных областей физики.

Среди книг по квантовой теории поля в первую очередь следует отметить второй том монографии лауреата Нобелевской премии *Ю. Швингера* «Частицы, источники, поля». Перевод первого тома, вышедшего на английском языке в 1970 г., был опубликован издательством «Мир» в 1973 г. Третий том автором еще не закончен. В первом томе Швингером был изложен специальный подход к рассмотрению проблем квантовой теории поля и теории элементарных частиц, названный теорией источников, который объединяет элементы стандартной квантовой теории поля и теории S-матрицы. Второй том посвящен в основном квантовой электродинамике, в развитии которой автор сыграл значительную роль. Квантовая электродинамика является хорошо изученной динамической теорией, основные результаты которой с высокой точностью подтверждены экспериментом. Именно поэтому автор выбирает ее для иллюстрации особенностей теории источников. Развиваемая при этом техника вычислений, по мнению Швингера, может быть распространена на задачи теории сильных и слабых взаимодействий и с этой точки зрения заслуживает особого внимания. Следует также отметить ряд расчетных усовершенствований в схеме изложения квантовой электродинамики. Книга состоит из двух частей. В первой части рассматриваются эффекты при движении частицы в заданном внешнем поле и проводятся вычисления в первом неисчезающем порядке по взаимодействию. Во второй части анализируется релятивистская двухчастичная задача и учитываются эффекты высшего порядка.

Книга известного английского физика-теоретика *Р. Дж. Блин-Стойла* «Фундаментальные взаимодействия и атомное ядро» посвящена исследованиям свойств инвариантности и их нарушений в электромагнитном, слабом и сильном взаимодействиях в ядерной физике низких энергий. Большое внимание в книге уделено изложению слабого взаимодействия ядер, что обусловлено важными экспериментальными результатами, полученными в этой области в последние годы, в частности, открытием нарушения T-инвариантности слабого взаимодействия и обнаружением слабого взаимодействия нуклонов без сохранения четности. Этим вопросам посвящены гл. 2—9 (в гл. 1 излагаются основные принципы теории электромагнитного, слабого и сильного взаимодействия элементарных частиц). В гл. 10 рассматривается нарушение T-инвариантности в электромагнитных переходах ядер и ядерных реакциях, в гл. 11 исследуются электромагнитные и зарядово зависимые взаимодействия ядер. В заключительной гл. 12 книги дается изложение проблемы трехчастичных ядерных сил в ядерной материи. В шести приложениях содержатся обозначения и математические сведения, необходимые для понимания основного текста. В книге наряду с глубоким рассмотрением

теоретических проблем содержится необходимый экспериментальный материал, благодаря чему книга является полезной как для теоретиков, так и для экспериментаторов.

В настоящее время имеется значительное количество книг, посвященных дисперсионным соотношениям. Намечаемая к выпуску работа *Х. Нуссенцвейга* «Причинность и дисперсионные соотношения» отличается от большинства из них своими педагогическими достоинствами. Рассчитанная на сравнительно малоподготовленного читателя, она наряду с изложением проблем причинности и дисперсионных соотношений содержит также обширные математические отступления, которые существенно облегчают усвоение основного материала. Кроме того, хорошему пониманию основных идей способствует то, что автор ограничивается областью нерелятивистской квантовой теории. После проработки книги читатель будет полностью подготовлен к пониманию вопросов причинности и дисперсионных соотношений в нерелятивистской теории.

Планом предусмотрено продолжение выпусков серии «Новости фундаментальной физики». Выпуск 7 «Квантовая теория калибровочных полей» содержит работы последних лет, в которых отражены достигнутые существенные успехи на пути построения единой теории взаимодействия элементарных частиц (единая перенормируемая теория электромагнитных и слабых взаимодействий, спонтанное нарушение симметрии и проблемы масс векторных полей в сильных взаимодействиях и т. д.). В сборнике также приведены экспериментальные данные, полученные в последнее время в этой области.

Выпуск 8 серии посвящен сверхтекучести гелия-3. Открытие сверхтекучести гелия-3 явилось одним из значительных событий в физике за последние годы. Сочетание сверхтекучести с необыкновенными магнитными свойствами квантовой жидкости открыло новую область исследований, которые, возможно, приведут к новым принципиальным результатам. Изучение сверхтекучести гелия-3 требует новых методов экспериментального исследования (область сверхнизких температур). В сборнике представлены работы, которые отражают современное состояние этих вопросов.

Учебная литература по квантовой теории представлена двумя книгами. Написанная проф. *С. Реймсом*, сотрудником математического отделения Имперского колледжа Лондонского университета, книга «Теория многоэлектронных систем» содержит изложение квантовой многоэлектронной теории. Книга написана на высоком методическом уровне с использованием достаточно сложного математического аппарата. В ней содержится ряд оригинальных, найденных автором доказательств отдельных положений теории.

Книга *Г. Липкина* «Квантовая механика» от большинства других учебников квантовой механики отличается попыткой рассмотреть на возможно более ранней стадии обучения многие интересные и важные физические проблемы и математические приемы, которые в стандартных курсах разбираются значительно позднее. Изложение последних достижений квантовой механики ведется на достаточно элементарном уровне. В то же время книга может оказаться полезной и хорошо подготовленному читателю, который желает ознакомиться с соответствующими проблемами, не входя в изучение тонких деталей математического формализма.

Книга *Г. Шиллинга* «Статистическая физика в примерах» представляет собой учебник статистической физики с большим количеством примеров и подробно решенных задач, доведенных до численного результата. В книге охвачены все основные разделы статистической физики. Всего приведено 143 задачи иллюстративного характера с подробными решениями и свыше 300 задач для самостоятельного решения (с ответами). Среди задач выделены задачи повышенной сложности.

Проблемы нелинейной оптики продолжают интенсивно разрабатываться. Книга *Ф. Цернике* и *Дж. Мидвинтера* «Прикладная нелинейная оптика» является первой в мировой литературе монографией, содержащей систематическое изложение основ физики и техники оптических преобразователей, перестраиваемых генераторов с использованием нелинейных оптических эффектов в кристаллах. В книге обобщен большой материал по различным аспектам прикладной нелинейной оптики, широко представленный в журнальных изданиях. Полнота и высокий научный уровень изложения делают книгу также ценным справочным пособием по прикладной нелинейной оптике.

В 1976 г. выйдет в свет вторая часть учебного пособия *М. Шуберта* и *Б. Вильгельми* «Введение в нелинейную оптику». Первая часть, выпущенная издательством «Мир» в 1973 г., содержала классическое рассмотрение вопросов, во второй части автор освещает соответствующие вопросы с квантовомеханической точки зрения.

В настоящее время интенсивно развивается новая область квантовой электроники, получившая название интегральной оптики. Достигнутые здесь результаты позволили разработать малогабаритные интегральные оптические схемы, которые могут найти широкое использование в системах связи, управления и обработки информации. Быстрое развитие интегральной оптики обусловлено тем, что оптические функциональные микросхемы обладают более широкой полосой и более высоким быстродействием, чем электронные схемы, а линии передачи по оптическим волокнам имеют малые

потери (менее 4 *дб/км*). Немаловажное значение имеет также успех первых практических применений микросхем и элементов в линиях связи, стационарных и бортовых устройствах передачи информации. Назрела необходимость достаточно систематично изложить современное состояние этой области науки. Книга «Введение в интегральную оптику» под ред. *М. К. Барноски* в значительной степени выполняет эту задачу. Книга является сборником лекций, прочитанных в марте 1973 г. в школе по интегральной оптике, организованной по инициативе Калифорнийского университета Санта-Барбара. Книга состоит из 15 глав, написанных различными авторами, среди которых крупнейшие специалисты по квантовой электронике, технической оптике, оптоэлектронике из ряда известных фирм и исследовательских центров США. Каждая из глав представляет собой законченное изложение соответствующего вопроса и содержит достаточно полную библиографию.

Раздел книг по оптике завершают две книги учебного характера. Книга английского ученого *Р. Лоудона* «Квантовая теория света» является первым в мировой литературе учебником по квантовой оптике. Все разделы книги написаны на современном уровне и основаны на результатах работ самых последних лет. Многие вопросы до появления этой книги излагались лишь в виде лекций на соответствующих школах и предназначались для хорошо подготовленного читателя. Автору удалось сделать эти вопросы доступными читателям, не имеющим специальной подготовки.

С большой пользой для изучения предмета может быть использована книга французских ученых *М. Руссо* и *Ж.-П. Матье* «Задачи по оптике», которая является сборником задач по физической оптике, предназначенной для студентов-физиков, специализирующихся в области оптики и спектроскопии. Задачи охватывают все важнейшие разделы физической оптики, многие из них являются оригинальными и приводятся впервые. Все задачи снабжены решениями, в которых разбирается как математическая, так и физическая сторона рассматриваемых вопросов.

Как и в предыдущие годы, в плане 1976 г. уделяется большое внимание освещению проблем физики твердого тела. В книге *Л. Жирифалько* «Статистическая физика твердого тела» дается не только ставшее уже классическим описание статистики и кинетики электронной и фононной подсистем кристалла, но и рассматривается статистика и кинетика точечных дефектов решетки. В частности, рассмотрено строение упорядоченных сплавов и закономерности диффузионного перемещения дефектов.

В книге известного кристаллофизика проф. *У. Вустера* «Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов» дается удачный синтез тензорных и теоретико-групповых методов исследования свойств кристаллов. Тензорный анализ является эффективным методом исследования анизотропных сред, а рассмотрение многих вопросов симметрии относится к области теории групп. В книге эти методы изложены как дополняющие друг друга. Книга несет на себе отпечаток большого педагогического опыта автора и может быть названа «книгой для первого чтения» по рассматриваемому кругу проблем. Доступность и простота изложения при этом нигде не переходят в беглость и поверхностность. На русском языке аналогичная книга отсутствует.

Изменение свойств полупроводников путем введения примесей с сильно локализованными электронными состояниями (центров с глубокими уровнями) имеет большие практические применения. Большой материал, накопленный по этому вопросу в ходе развития физики полупроводников и полупроводникового материаловедения более чем за два десятилетия, обобщен в монографии *А. Милнса* «Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках». В 14 главах книги рассмотрены все важнейшие вопросы, связанные с теорией, состоянием экспериментальных сведений о природе центров с глубокими уровнями, методикой измерений и основными практическими применениями. Список литературы охватывает почти 2 тыс. названий. Благодаря полноте изложения материала книга является не только монографией по рассматриваемому вопросу, но и может служить источником обширных справочных данных.

В 1976 г. намечается продолжить издание книг в серии «Новости физики твердого тела». Выпуск 5 посвящен физике фононов больших энергий. Эта область физики твердого тела возникла после того, как лазерная и сверхпроводниковая техника открыли возможность генерировать и детектировать фононы с энергиями, много большими энергии гиперзвуковых фононов. Исследования в этой области обещают привести к разработке твердотельных приборов нового класса в весьма актуальном частотном диапазоне (инфракрасном и субмиллиметровом). В выпуске, представляющем собой сборник наиболее интересных статей и докладов, освещается современное состояние теории и экспериментальных исследований по рассматриваемому кругу вопросов.

Выпуск 6 содержит перевод работы проф. *Д. Геммеля* из Аргоннской национальной лаборатории США «Каналирование и смежные эффекты при движении заряженных частиц через кристаллы». Эта проблема важна не только в чисто научном плане, но и с точки зрения приложений к решению прикладных задач в ядерной физике, физике металлов и полупроводников.

Тема выпуска 7 серии «Новости физики твердого тела»— сверхпроводящие соединения со структурой β-вольфрама. Изучение этих соединений представляет большой теоретический интерес и имеет важное практическое значение. Недавно полученное сверхпроводящее соединение с рекордно высокой критической температурой $T_c = 23{,}2$ °K, лежащей выше точки кипения жидкого водорода, вселило надежду на осуществление дальнейшего повышения критических температур. В сборник включены обзоры *Л. Тестарди*, опубликованный в книге «Physical Acoustics», т. 10, и *М. Вегера* и *И. Гольдберга*, опубликованный в книге «Solid State Physics», т. 28. В этих обзорах, посвященных соединениям со структурой β-вольфрама, подробно обсуждается экспериментальная ситуация и теоретические подходы к проблеме.

В последнее десятилетие были достигнуты большие успехи в изыскании новых магнитных материалов на основе сплавов редкоземельных металлов. В частности, постоянные магниты из редкоземельных сплавов обладают значительно более высокими коэрцитивными силами и магнитными энергиями, чем все другие известные высококоэрцитивные материалы. В монографии *Э. Несбитта* и *Дж. Верника* «Постоянные магниты на основе редкоземельных элементов» излагаются последние достижения по этому вопросу как с точки зрения научных исследований, так и в области технологии.

Книга *Ж. Винтера* «Магнитный резонанс в металлах» является единственной в мировой литературе монографией, в которой с единых теоретических позиций систематически изложена физика ядерного и электронного магнитного резонанса в металлах. Наряду с теоретическим описанием проблемы книга содержит критический обзор экспериментальных данных.

Среди большого количества известных магнитных материалов ферриты и сходные с ними магнитные окислы образуют большую и очень важную группу, и им к настоящему времени посвящен ряд обзоров и монографий. Тем не менее перевод новой книги *С. Крупички* «Физика ферритов и родственных им магнитных окислов» представит значительный интерес для советского читателя. Книга имеет существенные преимущества по сравнению с другими обзорами и монографиями. Написанная известным специалистом, она дает представление о самом современном состоянии вопроса, охватывая все новейшие работы в этой области. Книга отличается полнотой и глубиной охвата материала. В ней рассматривается вся совокупность кристаллографических, магнитных и электрических свойств ферритов и родственных им соединений с детальным анализом микроскопической природы этих свойств. Книга содержит иллюстративный материал и обширный список литературы.

В 1976 г. намечается издать несколько книг по физике плазмы. Книга профессоров Стэнфордского университета *М. Митчнера* и *Ч. Кругера* «Частично ионизованные газы» основана на курсе лекций, прочитанных ими в течение последних лет в качестве введения в физику плазмы для аспирантов университета. В книге изложены основные особенности поведения высокотемпературного газа с учетом столкновений и потоков газа при наличии внешних полей. Рассматриваются также приложения теории, в частности, к магнитогидродинамическим генераторам. В книге удачно сочетаются микроскопический и макроскопический подходы к описанию частично ионизованных газов.

Монография *И. Мак-Даниеля* и *Э. Мэзона* «Подвижность и диффузия ионов в газах» отвечает насущной потребности в систематическом изложении основных результатов, накопленных примерно за 75 лет изучения ионной подвижности и диффузии в газах. За это время выпущена обширная литература, причем имеется ряд противоречивых данных. Число теоретических работ по рассматриваемой проблеме невелико, а обзорные теоретические работы практически отсутствуют. Книга заполняет существенный пробел в этой области и дает полное представление о современном состоянии вопроса как в теоретическом, так и в экспериментальном плане.

Сборник статей «Термоядерная реакция, инициированная лазером» начинает новую серию выпусков «Новости физики плазмы». Существенный прогресс, достигнутый как в теоретическом, так и в экспериментальном плане в этой области, обусловливает необходимость наиболее полного освещения соответствующих работ. В сборник включены наиболее важные работы ученых Ливерморской, Лос-Аламосской и других лабораторий по лазерному «термояду».

В последние годы издательство «Мир» предприняло издание ряда книг по вычислительным методам в физике. В 1976 г. будет выпущена книга «Вычислительные методы в электродинамике» под ред. *Р. Миттры*. Она посвящена численным методам решения задач электродинамики. Наиболее полно представлены задачи, сводящиеся к интегральным уравнениям: определение распределения токов на поверхности проводников при заданном возбуждении, рассеяние волн на различных телах, влияние неоднородностей в волноводных структурах. Однако и другим методам решения уделено большое внимание. Большой интерес в книге представляют не только результаты расчетов, иллюстрированные многочисленными графиками, но и описание методики расчетов, дающее возможность овладеть методами расчета на ЭВМ разнообразных электродинамических задач.

Широкий круг студентов младших курсов с большим интересом прочтет небольшую книгу «Почти все о волнах», написанную *Джоном Пирсом*, который хорошо

известен советскому читателю не только своими научными исследованиями в области радиотехники и электроники (на руссом языке изданы две его монографии по электронным устройствам сверхвысоких частот), но и переведенными на русский язык двумя популярными книгами по электромагнетизму, радиосвязи и теории информации.

А. Н. Матвеев, В. Ф. Трифонов