

не были в должной степени рассмотрены. К последним относятся много-петлевые вычисления, которым авторы посвятили гл. 6 книги. Действительно, в отличие от теории поля, в теории струн имеются серьезные надежды отсуммировать весь ряд теорий возмущений, связанные с ясной геометрической трактовкой g -петлевого вклада как происходящего от двумерной римановой поверхности рода g (т. е. с g -ручками), причем мера в континуальном интеграле служит плотностью на пространстве модулей таких поверхностей.

Следует отметить, что авторы книги в последней гл. 15 коснулись еще одной важной темы — эффективной теории поля, которой описываются безмассовые возбуждения струн. Поскольку только такие возбуждения можно надеяться обнаружить экспериментально, это кажется весьма важным.

Таким образом, можно сделать вывод, что книга Люста и Тейзена — весьма полезный обзор по теории струн с точки зрения изучения множества различных моделей. Следует так же отметить как несомненное достоинство книги ряд весьма полезных приложений, содержащих сводки необходимых формул.

Книга, несомненно, будет полезна для физиков-теоретиков, в том числе не занимающихся непосредственно проблемами теории струн, для ученых, занимающихся математической физикой, а также для всех желающих получить представление о современной теории струн.

A. D. Миронов

539.184.26(049.3)

ИССЛЕДОВАНИЯ АТОМА ВОДОРОДА

The Hydrogen Atom: Proceedings of the Symposium held in Pisa, Italy, June 30—July 2, 1988/Eds. G. F. Bassani, M. Inguscio, T. W. Hansch.— Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer-Verlag, 1989.— 353 p.

История создания и развития квантовой механики и квантовой электродинамики (КЭД) тесно связана с исследованиями спектра энергии атома водорода и водородоподобных ионов. Так, одним из первых подтверждений релятивистской теории электрона Дирака явился расчет на ее основе тонкой структуры уровней энергии атома водорода, который прекрасно совпал с экспериментом. Другим впечатляющим примером может служить проверка идеи о наличии аномального магнитного момента электрона на основе исследований сверхтонкого расщепления уровней. Проведение соответствующих количественных оценок для аномального магнитного момента электрона и сдвиг Лэмба δ (H , $n=2$), трактуемых как проявление вакуумных радиационных эффектов, способствовало развитию теории перенормировок, лежащей в основе КЭД.

В современном понимании к водородоподобным атомам следует отнести положительные ионы изоэлектронной последовательности водорода, мюоний ($e^- \mu^+$), позитроний ($e^- e^+$), мюонный и пионный водород ($\mu^- p$ и $\pi^- p$) и т. д. Иными словами, водородоподобные атомы — это простейшие связанные состояния двух частиц, взаимодействующих через электромагнитное поле, являющихся наиболее доступным объектом для проверки различных предсказаний КЭД.

В рецензируемый сборник вошли материалы докладов, представленных на международном симпозиуме, посвященном теоретическим и экспериментальным исследованиям водородоподобных атомов (Пиза, июнь — июль 1988 г.).

Рецензируемая книга представляется уникальной во многих отношениях. Во-первых, высокая представительность симпозиума предопределила научный уровень и широту рассматриваемого круга вопросов. Во-вторых, на своевременность издания такой книги указывает и то обстоятельство, что в настоящее время обширный материал по этой тематике опубликован в большом числе оригинальных работ, среди которых крайне мало обзоров, и, по существу, доступен только специалистам. Наконец, в третьих, в книге отражены не только современные достижения в исследованиях разнообразных свойств водородоподобных атомов, но и определены перспективы их будущего развития.

Сборник состоит из четырех разделов.

Первый из них посвящен описанию техники прецизионных измерений в атоме водорода. Измерения лэмбовского сдвига δ ($H, n=2$) представлены двумя работами. В одной из них (Ю. Л. Соколов, СССР) сообщалось об измерении δ с помощью оригинальной методики — наблюдения интерференции двух, сдвинутых по фазе, компонент $2P$ (или $2S$)-состояния атома водорода. Метод разделенных осциллирующих полей, предложенный Н. Рэми, применялся во второй работе (Ф. Пипкин, США). Заметим, что погрешность измерений δ методом «атомного интерферометра» приблизительно в пять раз меньше ошибки современных КЭД-расчетов и составляет $\sim 2\text{ ppm}$ ($1\text{ ppm} = 10^6$). Пять работ этого раздела посвящены применению лазерной бездоплеровской двухфотонной спектроскопии к измерению частот переходов в бальмеровской серии и в переходе $2S_{1/2} - 1S_{1/2}$ в водороде и дейтерии, используемых, в частности, для определения константы Ридберга R_∞ . Уточнение ее значения играет важную роль, поскольку R_∞ фактически связывает три области исследований — квантовую теорию, атомную спектроскопию и измерения фундаментальных физических констант. Наиболее точное ее значение, равное $R_\infty = 109737, 3157136(186)$, представлено в докладе Ф. Бирабена с сотрудниками (Франция). В заключительную часть этого раздела вошли оригинальные сообщения, посвященные оптическим стандартам частот и изучению свойств отдельных атомов водорода при использовании различных типов квадрупольных ловушек Пеннинга.

Второй раздел сборника целиком посвящен экспериментальным исследованиям по спектроскопии экзотических атомов (позитроний, мюоний, мюонные атомы, антипротонный водород). В статье У. Хьюза (США) рассмотрены последние достижения в спектроскопических измерениях в мюонии ($e^- \mu^+$). Чисто лептонная природа мюония (в отличие от водорода он не содержит адронов, поскольку место протона занял μ^+) позволяет с высокой степенью точности вычислить сверхтонкое расщепление (в рамках КЭД) в основном состоянии и в сочетании с прецизионными измерениями этой величины получить значение постоянной тонкой структуры с погрешностью $\sim 0,15$ ppm, сравнимой по точности с тем, которое было найдено из эффекта Джозефсона и квантового эффекта Холла. Большой интерес вызывает доклад Э. Клемпта (ФРГ) о свойствах связанной системы «протон — антипротон» со спектром излучения, лежащим в рентгеновской области. Остальные статьи этого раздела относятся к экспериментальным методам определения частот и скоростей распада для позитрония ($e^- e^+$), а также исследованиям спектров водородоподобных атомов с большим зарядом ядра (положительных ионов).

В третьем разделе сборника в работе Т. Киношты (США) проводится сопоставительный анализ для значений α , полученных как с привлечением КЭД, так и с помощью экспериментов, полностью независимых от КЭД. Установлено, что при учете членов $\sim \alpha^4$ в разложении аномального магнитного момента электрона по степеням α можно получить

результат для α с погрешностью $\sim 0,0082$ ppm, что является рекордным по точности значением из известных в настоящее время.

В этом же разделе обсуждаются те общие закономерности, которые присущи методам КЭД и квантовой хромодинамики при рассмотрении свойств связанных состояний двухчастичных систем.

Четвертый, последний, раздел книги можно условно разделить на две части. В первой из них рассматриваются многофотонные переходы в водороде в непрерывном спектре и процессы взаимодействия водородоподобных атомов с интенсивным электрическим полем. Вторая часть этого раздела посвящена квантовому хаосу в атоме водорода в присутствии сильного магнитного поля, при котором диамагнитный потенциал сравнивается по величине с кулоновским. Следует заметить, что математическое моделирование квантового хаоса в атомах стало возможным в последнее время благодаря появлению высокопроизводительных ЭВМ и компьютерной графики.

В целом рецензируемая книга отражает современный этап в развитии исследований водородоподобного атома и будет безусловно полезной широкому кругу специалистов (как теоретикам, так и экспериментаторам), работающих в области атомной спектроскопии, оптики, квантовой электродинамики и квантовой метрологии.

Ю. Л. Соколов

517.4(049.3)

УСПЕХИ В ИССЛЕДОВАНИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Advances in Turbulence: Proceedings of the Second European Turbulence Conference. Berlin. August 30—September 2, 1988/Eds. H. H. Fernholz, H. E. Fiedler.— Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1989.—522 p.

Вторая Европейская конференция по турбулентности проходила в Техническом университете Берлина под руководством сопредседателей конференции: V. Frisch (Nice, France), J. C. R. Hunt (Cambridge, England), E. Krause (Aachen), M. Landahl (Stockholm) A. M. Обухова (Москва) и G. Ooms (Amsterdam). В ней приняли участие 165 ученых из 18 стран, большинство докладов которых представлено в настоящем сборнике.

Практически все направления современных исследований турбулентности в различной степени представлены в этом сборнике, тематически разделенном на девять частей и включающем в общей сложности 74 статьи авторов докладов.

Первая часть сборника состоит из четырех статей, посвященных вопросам устойчивости и перехода к турбулентности. При этом представлено численное моделирование процесса распространения турбулентного пятна за счет быстрого роста волновых мод и их разрушения в плоском течении Пуазейля (D. S. Henningson), анализ экспериментальных данных поля скорости турбулентных пятен в сопоставлении с численными результатами для течения в плоском канале (B. G. B. Klingmann et al.) и в слегка нагретом ламинарном пограничном слое (M. Sokolov et al.), где отмечалась взаимосвязь роста турбулентных пятен с увеличением числа структурных элементов в пятне. Кроме того, здесь рассмотрены (W. Kozlowski) основные характеристики взрывных явлений в пристеночных районах турбулентных потоков и выявлена симметрия процессов, взаимосвязанная с дискретными стадиями перехода к турбулентности и законами подобия, соответствующими универсальности Фейгенбаума.