

искривленном пространстве-времени, пер. с англ., М., 1984; Линде А. Д., Раздувающаяся Вселенная, «УФН», 1984, т. 144, с. 177; Новиков И. Д., Фролов В. П., Физика чёрных дыр, М., 1986. А. А. Старобинский.

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ МНОГИХ ЧАСТИЦ — совокупность теоретич. методов, применяемых для описания квантовомеханич. систем, состоящих более чем из двух частиц. Поскольку *Шрёдингера уравнение* для таких систем не может быть решено точно, речь идёт о приближённых методах.

Ур-ние Шрёдингера при решении квантовомеханич. задач в системах мн. частиц обычно используется в представлении *вторичного квантования*. Координатное и импульсное представления в этом случае менее удобны, поскольку число измерений пространства, в к-ром пишется это ур-ние, растёт с увеличением числа частиц.

Следует различать методы, применяемые для описания систем из конечного числа частиц, и методы описания макроскопич. тел. В первом случае типичной является постановка задачи о нахождении волновых ф-ций и уровней энергии системы. Во втором случае подразумевается переход к «термодинамич. пределу», когда объём тела и число частиц в нём формально устремляются к бесконечности с сохранением конечной плотности числа частиц. Типичной постановкой задачи в этом случае является определение энергии осн. состояния системы и распределения частиц по импульсам, нахождение спектра элементарных возбуждений (*квазичастиц*) и *кинетических коэффициентов* системы.

Основой ряда методов теории мн. частиц является *возмущенной теория*, применяемая в случаях, когда потенц. энергия взаимодействия между частицами достаточно мала. Для двух частиц, взаимодействующих посредством потенциала с конечным радиусом действия, условие этой малости состоит в малости амплитуды рассеяния по сравнению с радиусом действия. Для частиц, взаимодействующих по закону Кулона, оно сводится к требованию малости потенц. энергии по сравнению с кинетической на расстоянии порядка длины волны. Формальное применение теории возмущений приводит к выражениям для характеризующих систему величин в виде ряда по целым степеням потенц. энергии. В некоторых случаях члены этого формального ряда оказываются бесконечными — содержащими расходящиеся интегралы, что обычно свидетельствует об ошибочности предположения о разложимости по целым степеням потенциала, даже при условии применимости теории возмущений для взаимодействия двух частиц. В этом случае для получения конечного результата приходится суммировать бесконечные последовательности наиболее расходящихся членов ряда. Характерным примером является вычисление термодинамич. ф-ций системы заряж. частиц, где для получения конечного результата необходимо учитывать экранировку потенциала каждой из частиц остальными частицами. Др. пример — вычисление энергии осн. состояния слабонепригодного *бозе-газа*, в к-ром отличное от нуля значение энергии возникает только при учёте взаимодействия. В обоих случаях разложение термодинамич. ф-ций системы содержит дробные степени потенциала взаимодействия. Своёобразием ситуация в *сверхпроводниках*, где термодинамич. ф-ции электронного газа содержат экспоненциально малые по потенциалу взаимодействия члены. Эти члены исчезают в любом порядке теории возмущений, однако именно с ними связан сверхпроводящий фазовый переход.

Наиб. совершенной формой теории возмущений является диаграммная техника. Она применяется чаще всего для вычисления ф-ции Грина системы, полюсы к-рой определяют энергии квазичастиц, а интеграл от к-рой по частотам — распределение частиц системы по импульсам (см. *Грина функция* в статистической физике). Каждый член ряда теории возмущений изображается в диаграммной технике в виде совокупности нескольких диаграмм Фейнмана, для аналитич. записи к-рых существуют стандартные правила (см.

Фейнмана диаграммы). Диаграммная техника оказывается особенно эффективной для уюмянутого выше суммирования наиболее расходящихся членов ряда теории возмущений. Разл. диаграммы в одном и том же порядке теории возмущений имеют разл. физ. смысл и могут обладать разной степенью расходимости. Суммирование расходящихся в этом случае сводится к имеющему наглядный физ. смысл выделению определ. графич. последовательностей диаграмм. Важное преимущество диаграммной техники — возможность корректной оценки отброшенных членов и тем самым определения условий применимости сделанных приближений.

Существуют нек-рые возможности вычисления ф-ций Грина без применения теории возмущений. В теории имеются точные соотношения, выражающие ф-ции Грина более низкого порядка через ф-ции более высокого порядка (одночастичную через двухчастичную и т. д.). Если на основании тех или иных физ. соображений удаётся выразить многочастичные ф-ции через одночастичные — произвести «расщепление», то для одночастичной ф-ции получается замкнутое ур-ние, допускающее непосредств. решение. При таком подходе метод ф-ций Грина близок к методу цепочек квантовых ф-ций распределения (см. *Боголюбова уравнения*).

Большие возможности открывает запись ф-ций Грина в виде бесконечнократного *функционального интеграла*. Для приближённого вычисления последнего существуют методы, принципиально отличные от теории возмущений, напр. *перевала метод*.

Если условие применимости теории возмущений для взаимодействия пар частиц не выполняется, но система является настолько разреженной, что амплитуда рассеяния двух частиц мала по сравнению с межчастичным расстоянием, применимо приближение *виртуального разложения*. Характеризующие систему физ. величины получаются в виде ряда по степеням плотности числа частиц, причём последоват. члены ряда соответствуют взаимодействию пар, троек и т. д. частиц и выражаются через амплитуды парного рассеяния и амплитуды рассеяния более высоких порядков.

В нек-ром смысле обратная ситуация имеет место в тяжёлых атомах, где создаваемый электронами электрон. потенциал медленно меняется на расстоянии порядка длины волны электрона. Электроны в таком атоме можно рассматривать как квазиклассич. *ферми-газ*, находящийся во внеш. поле, определяющем сам распределением электронов. Для этого потенциала получается замкнутое ур-ние Томаса — Ферми (см. *Томаса — Ферми метод*).

В том случае, когда при постановке многочастичной задачи не удаётся найти малый параметр, используя малость к-рого можно искать приближённое решение, важную роль играют вариацион. методы. Эти методы основаны на том обстоятельстве, что ср. энергия системы, вычисленная для нек-рой нормированной волновой ф-ции, будет минимальна при вычислении по истинной волновой ф-ции осн. состояния. Аналогично волновая ф-ция первого возбуждённого состояния имеет мин. энергию среди всех ф-ций, ортогональных к ф-ции осн. состояния, и т. д. Простейший вариант применения этого метода состоит в подборе нек-рой ф-ции, удовлетворяющей определённым общим требованиям и зависящей от нескольких параметров. Минимизация энергии по этим параметрам может дать достаточно точные результаты, особенно в системе из небольшого числа частиц. Точность зависит при этом от удачного выбора вида «пробной» ф-ции, близкого к виду истинной волновой ф-ции.

В применении к атомным системам хорошая точность даёт метод *самосогласованного поля* (*Хартри — Фока метод*). Этот метод состоит в том, что волновая ф-ция системы электронов записывается в виде линейной комбинации произведений ф-ций, каждая из к-рых зависит от координат только одного электрона. Линейные комбинации подбираются таким образом, чтобы удовлетво-