

КВАЗИЧАСТИЦА (элементарное возбуждение) — фундаментальное понятие квантовой теории многих тел, введение к-рого радикально упрощает физ. картину и методы описания широкого круга процессов в системах многих частиц с сильным взаимодействием, в т.ч. в конденсированных средах (*твёрдое тело, квантовая жидкость*), плазме, ядре атомном. К.— особый долгоживущий многочастичный комплекс, к-рый, в отличие от обычных (структурных) частиц, составляющих систему, слабо взаимодействует со своим окружением (или, по крайней мере, это взаимодействие сводится к *самосогласованному полю*). Поэтому К. находится в определ. квантовом состоянии со своей волновой ф-цией, энергией, импульсом (в случае кристалла — *квазиимпульсом*), спином и т.д., двигаясь как целое подобно обычной частице (отсюда термин «К.»). Будучи коллективным образованием, К. имеет состав, непрерывно обновляющийся при её движении; лишь в предельных случаях этот состав фиксирован как у связанного состояния типа молекулы.

Типы К. По внутр. структуре (при мысленном выключении взаимодействия между частицами) К. делятся на 2 класса. Одночастичное возбуждение представляет собой обычную частицу, обросшую «шубой» за счёт взаимодействия с др. возбуждениями. Такая К. состоит из обычной частицы (или дырки, т.е. свободного состояния в энергетич. распределении частиц) и её «шубы» — совокупности др. возбуждений системы (пар частица — дырка, фононов и т.д.), к-рые К. вовлекает в своё движение. При выключении взаимодействия К. теряет «шубу», превращаясь в «голую» частицу. Примеры одночастичных возбуждений — *электрон проводимости* в твёрдом теле (в ионном кристалле он может увлечь за собой созданную им же самим поляризацию решётки, см. *Полярон*), нуклон в атомном ядре (см. *Оболочечная модель ядра*), фононно-ротонное возбуждение в жидком ^4He (см. *Сверткучесть*). При выключении взаимодействия эти К. переходят соответственно в «голые» электрон, нуклон, атом He. К таким К. можно отнести и распространяющийся по системе заряд. частиц фотон, «шуба» к-рого состоит из испущенных частицами вторичных фотонов.

Коллективное возбуждение (название условно, т.к. любая К.— коллективное образование) представляет собой комплекс, компоненты к-рого равноправны. При выключении взаимодействия эта К. распадается на составные части, к-рые начинают двигаться независимо. К таким К. относятся, напр., *Валье—Мотта экситон* (связанные состояния электрона проводимости и дырки), *плазмон* (продольное возбуждение в проводящих средах — см. *Плазма, Плазма твёрдых тел*).

Коллективное возбуждение можно рассматривать как квант, отвечающий (в духе *корпускулярно-волнового дуализма*) волновому полю, к-рое описывает коллективные колебания соответствующих степеней свободы системы. Так, фонон — квант упругих колебаний, плазмон — квант колебаний плотности заряда, экситон Френкеля — квант колебаний молекул в молекулярном кристалле (см. *Молекулярные экситоны*), магнон — квант колебаний спинов в магнитноупорядоченных системах (см. *Спиновые волны*). Аналогично фононы в кристалле — кванты колебаний *кристаллической решётки*. При выключении взаимодействия между частицами фонон распадается, превращаясь в совокупность независимых движений частиц, составляющих кристалл.

Существуют и более сложные К., представляющие собой комбинации перечисленных выше. Если у двух типов К. в данной системе имеются близкие значения энергии и импульса, то происходит смешивание (гибридизация) таких К. с появлением двух новых К., каждая из к-рых обладает чертами обеих исходных К. Так, смешивание фотона с экситоном или оптич. фононом ведёт к *поляритонам* (светоэкситонам);

смешиванию фотона и магнона отвечает К., наз. светомэгнон, смешиванию магнона и поперечного фотона — квант магнитоупругих волн.

Концепция К., формирование к-рой связано с именем Л. Д. Ландау (1941—52), позволила свести сложную динамику системы сильно взаимодействующих частиц к более простой динамике совокупности квазинезависимых объектов. В методе самосогласованного поля такими объектами были сами структурные частицы системы, что позволило описать лишь часть (самосогласованную) взаимодействия между ними. Переход к К. даёт возможность учесть оставшуюся корреляц. часть взаимодействия. Практически проблема сводится к рассмотрению газоподобной системы К., что позволяет описывать мн. равновесные и неравновесные свойства систем с сильным взаимодействием с помощью относительно простых методов статистич. термодинамики и кинетики газов.

Сказанное относится, в частности, к определению тех характеристик системы, к-рые описывают её реакцию (отклик) на внеш. воздействия, ведущие к возбуждению системы: нагревание (однородное по объёму и отвечающее пост. градиенту темп-ры), приложение разности потенциалов, приведение системы в движение и т.п. Переход системы из основного в близкое по энергии слабо возбуждённое состояние можно свести к рождению внутри системы нек-рого числа квантов возбуждения — К. (отсюда второе назв. К.— «элементарное возбуждение»). Указанные выше характеристики системы определяются динамикой газа таких К. Так, теплоёмкость твёрдого тела сводится к сумме теплоёмкостей газа фононов (см. *Решётчатая теплоёмкость*), газа электронов проводимости и соответствующих «квазидырок» (см. *Электронная теплоёмкость*) и т.д. Эти же возбуждения определяют коэф. тепло- и электропроводности твёрдого тела. Вязкость жидкого He можно найти рассмотрением газа К.— фононов и ротонов. Намагниченность ферромагнетика при $T > 0$ К. складывается из его намагниченности при $T = 0$ К. и суммарного магн. момента газа магнонов.

Концепция К. существенно упрощает и решение мн. задач, относящихся к процессу взаимодействия системы мн. частиц с внеш. частицей, позволяя свести этот многочастичный процесс к элементарному акту превращения внеш. частицы в К. (или рождения ею новых К.). Так, поглощение фотона молекулярным кристаллом сводится (при определ. условиях) к превращению фотона в экситон Френкеля; *Черенкова — Вавилова излучение* быстрой частицы в среде отвечает испусканию частицей фотона, разрешённому законами сохранения энергии и импульса в случае сверхсветовой скорости частицы в среде. Аналогично упрощается описание движения внутри системы влетевшей в неё внеш. частицы и, наоборот, распада системы с вылетом из неё одной из входивших в её состав частиц. Внеш. частица переходит внутри системы в К., и её движение описывается ур-нием Шрёдингера для К. в эффективном внеш. поле (оптич. потенциал в теории *ядерных реакций*, см. *Оптическая модель ядра*), распадная же к-рой возникает из соответствующей К., свойства к-рой определяют характеристики распада (его спектр, время жизни и т.п.).

Характеристики К. Для практич. применения концепции К. необходима информация о пределах её применимости, о величинах, характеризующих К., и т.п. В микроскопич. подходе эту информацию дают хорошо разработанные квантово-полевые методы теории мн. тел (см. *Грина функция*). В феноменологич. теориях, для к-рых концепция К. служит исходным пунктом, напр. в теории сверхтекучести, ферми-жидкости (применительно к электронам металла и нуклонам ядерного вещества), эта информация заимствуется из опыта.

Первичной характеристикой К. служит её *спин*. К. с целым спином (фотон, фонон, ротон, экситон, плазмон, магнон, пара Купера, поляритон и др.) подчиня-