

чётном — начальная антиферромагн. восприимчивость (при $H=0$) частиц возрастает вдвое по сравнению с массивным образцом и стремится к обычному значению с ростом поля (доказано экспериментально на частицах антиферромагнетика NiO [5]). С. представляет интерес также в связи с исследованиями поликристаллов [6].

Лит.: 1) Bean C. P., Hysteresis loops of mixtures of ferromagnetic micropowders, «J. Appl. Phys.», 1955, v. 26, p. 1381; Bean C. P., Livingston J. D., Superparamagnetism, «J. Appl. Phys.», Suppl., 1959, v. 30, № 4, p. 120; 2) Néel L., Influence des fluctuations thermiques sur l'aimantation de grains ferromagnétiques très fins, «Compt. Rend. Acad. Sci.», 1949, v. 228, № 8, p. 664; его же, Theorie du trainage magnétique des ferromagnétiques en grains fins avec application aux terres rares, «Ann. Geophys.», 1949, v. 5, № 2, p. 99; 3) Eilmore W. C., Ferromagnetic colloids for studying magnetic structures, «Phys. Rev.», 1938, v. 54, p. 309; его же, The magnetization of ferromagnetic colloids, там же, p. 1092; 4) Bean C. P., Jacobs I. S., Magnetic granulometry and super-magnetism, «J. Appl. Phys.», 1956, v. 27, p. 1448; 5) Néel L., Superparamagnétisme des grains très fins antiferromagnétiques, «Compt. Rend. Acad. Sci.», 1961, v. 252, № 26, p. 4075, 1961, v. 253, № 1, p. 9; 1962, v. 254, № 4, p. 598; 6) Труды Международной конференции по магнетизму — 94, Варшава, секция D 32, Poznań, 1994, с. 502.

С. В. Вонсовский.

СУПЕРПОЗИЦИИ ПРИНЦИП (наложения принцип) —

1) допущение, согласно к-рому результирующий эффект воздействия неск. процессов (напр., колебательных) представляется собой сумму эффектов, вызываемых воздействием каждого процесса в отдельности, при условии, что последние взаимно не влияют друг на друга. С. п. строго применим лишь к системам, поведение к-рых описывается линейными соотношениями (т. н. линейные системы). Напр., если среда, в к-рой распространяется волна, линейна, т. е. её свойства не меняются под действием возмущений, создаваемых волной, то все эффекты, вызываемые негармонич. волной, могут быть определены как сумма эффектов, создаваемых каждой из её гармонич. составляющих. С. п. играет большую роль в теории колебаний, теории цепей и др. разделах физики и техники.

В. В. Мигулин.

2) В теории классич. полей и в квантовой теории С. п. — положение, согласно к-рому суперпозиция (т. е. результат суммирования, наложения друг на друга) любых допустимых в данных условиях состояний физ. системы (или возможных процессов в ней) является также допустимым состоянием (или соответственно возможным процессом). Так, классич. эл.-магн. поле в вакууме удовлетворяет С. п.: сумма любого числа физически реализуемых полей есть также физически реализуемое эл.-магн. поле. В силу С. п. эл.-магн. поле, созданное совокупностью электр. зарядов и токов, равно сумме полей, создаваемых этими зарядами и токами по отдельности. Слабое гравитац. поле также с хорошей точностью подчиняется С. п.

В классич. физике С. п. — приближённый, он вытекает из линейности ур-ний движения соответствующих систем (что обычно является хорошим приближением для описания реальных систем), напр. Максвелла уравнений для эл.-магн. поля в пустоте. При отклонениях от линейности обнаруживаются нарушения С. п. Так, достаточно сильное гравитац. поле не удовлетворяет С. п., поскольку оно описывается нелинейными ур-ниями Эйнштейна (см. Тяготение); макроскопическое эл.-магн. поле в веществе, строго говоря, также не подчиняется С. п. в силу зависимости (иногда существенной) диэлектрич. и магн. проницаемостей от внош. поля (напр., в ферромагнетике, лазерных материалах) и т. д.

В квантовой механике С. п. — фундам. принцип, один из осн. постулатов, определяющий вместе с неопределённостей соотношением структуры матем. аппарата теории. Из С. п. следует, что состояния квантовомеханич. системы должны изображаться векторами линейного пространства (см. Квантовая механика), в частности волновыми функциями, что операторы физ. величин должны быть линейными и т. д. С. п. утверждает, что если квантовомеханич. система может находиться в состояниях, описываемых волновыми функциями $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$, то физически допустимой

будет и суперпозиция этих состояний, т. е. состояние, описываемое волновой ф-цией:

$$\Psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + \dots + c_n\psi_n, \quad (*)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n — произвольные комплексные числа. Из С. п. следует, что любая волновая ф-ция может быть разложена в сумму (вообще говоря, бесконечную) собств. ф-ций оператора любой физ. величины; при этом квадраты модулей коэф. в разложении имеют смысл вероятностей обнаружить на опыте соответствующие значения этой величины. Суперпозиция состояний (*) определяется не только модулями коэф. c_n , но и их относит. фазами, поэтому она означает интерференцию состояний ψ_n . Возможность такой интерференции проявляется, напр., в дифракционном рассеянии микрочастиц. Квантовый С. п. лишён наглядности, характерной для С. п. в классич. физике, т. к. в квантовой теории в суперпозиции участвуют (складываются) альтернативные, с классич. точки зрения взаимоисключающие друг друга, состояния. С. п. отражает волновую природу микрочастиц.

В релятивистской квантовой теории, рассматривающей процессы, в к-рых могут происходить взаимопревращения частиц, С. п. должен быть дополнен т. н. суперотбора правилами. Напр., суперпозиция состояний с разными значениями электрического, барийонного, лептонного зарядов физически не реализуемы, их существование означало бы, что при измерении, напр., электр. заряда квантовой системы можно с определ. вероятностью получить разные его значения, что противоречит опыту. Поэтому операторы физ. величин не должны менять заряды. Это накладывает на матричные элементы операторов предел. ограничения, к-рые и наз. правилами суперотбора.

Лит. см. при ст. Квантовая механика.

О. И. Зивьялов.

СУПЕРПОЗИЦИИ СОСТОЯНИЙ ПРИНЦИП — важнейший постулат квантовой механики, лежащий в основе её физ. содержания и матем. аппарата. Необходимость С. с. п. обусловлена корпускулярно-волновым дуализмом — всеобщим и универсальным свойством природы. С. с. п. позволяет устранить противоречие между волновым и корпускулярным описанием явлений (существовавшим в рамках классич. представлений о частицах как материальных точках, движущихся по определ. траекториям) и описать волновые явления в терминах корпускулярных представлений. Согласно С. с. п., линейная суперпозиция любых возможных состояний системы, взятых с произвольными (комплексными) коэф., является также возможным состоянием системы (подробнее см. в ст. Квантовая механика).

СУПЕРПОЗИЦИОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ — приближённый метод обрыва цепочек ур-ний для корреляционных ф-ций в классич. статистической физике. Предложен Дж. Кирквудом (J. Kirkwood, 1935). Согласно С. п., трёхчастичная корреляционная функция распределения молекул $F_3(r_1, r_2, r_3)$ может быть приближённо выражена через парные корреляционные ф-ции $F_2(r_i, r_k)$, где $i, k = 1, 2, 3$, $F_3(r_1, r_2, r_3) = F_2(r_1, r_2)F_2(r_2, r_3)F_2(r_1, r_3)$, r_i — координаты центра масс взаимодействующих молекул.

С. п. Кирквуда широко использовалось в статистич. теории жидкостей, хотя трудно обосновать его теоретически или установить область его применимости. Из С. п. следует, что потенциал ср. сил, действующих на нек-рую фиксированную группу молекул жидкости, аддитивно складывается из парных потенциалов ср. сил. Термин «С. п.» связан с этим свойством. С помощью С. п. можно получить нелинейное интегральное ур-ние для $F_2(r_i, r_k)$ (Борна — Грина — Ивона ур-ние и гиперцепное уравнение). Эти ур-ния приводят к приближённому уравнению состояния для плотных газов и жидкостей в области, где справедлива классич. механика.

Лит.: Балеску Р., Равновесная и неравновесная статистическая механика, пер. с англ., т. 1, М., 1978, гл. 7.

Д. Н. Зубарев.

СУПЕРПОЛЕ — см. Суперсимметрия, Суперпространство.