

нахождении стационарных точек пренебрегают зависимостью λ_i от номера узла i . Такое приближение, когда локальные констрейны заменяют на глобальные (учитывающие связи не на каждом отдельном узле, а в среднем), соответствует нек-рому приближению ср. поля. Возможен и более строгий учёт констрейнов в континуальном интеграле, при к-ром система сильно взаимодействующих электронов заменяется на систему бозонов и фермионов, взаимодействующих эффективно друг с другом через калибровочные поля. Последние и вводятся для того, чтобы удовлетворять необходимым констрейны. На этом пути получены важные физ. результаты для Х. м. вблизи половинного заполнения, включая описание магн. фаз, электронного спектра и кинетических свойств системы [17].

Заключение. Значит, всплеск эксперим. и теоретич. исследований по Х. м. возник в связи с открытием оксидных высокотемпературных сверхпроводников и идеей Андерсона [18] о том, что этот класс веществ представляет сильно коррелированные электронные системы, находящиеся вблизи магн. упорядочения, к-рые, по-видимому, должны описываться $t-J$ -моделью. В связи с этим акцент был сделан на изучении двумерной Х. м. (ввиду особой роли CuO_2 -плоскости в этих соединениях) вблизи половинного заполнения. При этом были пересмотрены многие ранее полученные без достаточного обоснования физ. результаты, что привело к созданию общей картины поведения Х. м. в широком интервале изменения параметров гамилтониана, электронной концентрации и темп-ры. Наиб. общим подходом, объединяющим разл. частные подходы и не связанным с к.-л. малыми параметрами, является рассмотрение предела большой размерности пространства d , причём в пределе $d \rightarrow \infty$ теория ср. поля становится строгой. При этом Х. м. на решётке сводится к решению нек-рой вспомогат. задачи о примесном центре в модели Андерсона. В рамках этого подхода удаётся описать совокупность связанных друг с другом явлений: переход металл — диэлектрик, взаимодействие локализованных магн. моментов, нарушение ферми-жидкостной картины при возрастании параметра кулоновского отталкивания U . Кроме того, нек-рые известные ранее приближения (напр., Лутвиллера или Бринкмана — Райса) также дают точный результат в пределе $d \rightarrow \infty$. Этот подход даёт возможность получать систематич. поправки по степеням $1/d$ и тем самым переходить к реальным системам с $d=3$ или $d=2$. Оказывается, что предел $d \rightarrow \infty$ даёт весьма удовлетворит. качественное и во мн. случаях даже количественное описание разл. явлений в рамках Х. м. при произвольных соотношениях двух осн. параметров U и W . Следует ожидать развития методов разложений по степеням $1/d$ для описания коллективных возбуждений и транспортных свойств в Х. м.

Лит.— 1) Hubbard J., Electron correlations in narrow energy bands — 3, 4, «Proc. Roy. Soc. A», 1963, v. 276, p. 238; 1964, v. 281, p. 401; 1965, v. 285, p. 541; 2) Изюмов Ю. А., Магнетизм и сверхпроводимость в сильно коррелированной системе, «УФН», 1991, т. 161, № 11, с. 1; 1995, т. 165, с. 403; 3) Metzner W., Vollhardt D., Correlated lattice fermions in D-infinity dimensions, «Phys. Rev. Lett.», 1989, v. 62, p. 324; 4) Georges A., Kotliar G., «Phys. Rev. B», 1992, v. 45, p. 6479; 5) Zhang X. J., Rozenberg M. J., Kotliar G., Mott transition in the $d=\infty$ Hubbard model at zero temperature, «Phys. Rev. Lett.», 1993, v. 70, p. 1666; 6) Pruschke I., Cox D. L., Jarrell M., Hubbard model at infinite dimensions. Thermodynamic and transport properties, «Phys. Rev. B», 1993, v. 47, p. 3553; 7) Edwards D. M., Hertz J. A., The breakdown of Fermi-liquid theory in the Hubbard-Model, «Physica B», 1990, v. 163, p. 527; 8) Lieb E. H., Wu F. Y., Absence of mott transition in an exact solution of short-range 1-Band model in 1-dimension, «Phys. Rev. Lett.», 1968, v. 20, p. 1445; 9) Vollhardt D., High dimensions. A new approach to fermionic lattice models, «Physica B», 1991, v. 169, p. 277; 10) Булаевский Л. Н., Нагаев Э. Л., Хомский Д. И., Новый тип автолокализованного состояния электрона проводимости в антиферромагнитном полупроводнике, «ЖЭТФ», 1968, т. 54, с. 1562; 11) Brinkman W. F., Rice T. M., Single-particle excitations in magnetic insulators, «Phys. Rev. B», 1970, v. 2, p. 1324; 12) Nagaoka Y., Ferromagnetism in a narrow almost half-filled S band, «Phys. Rev.», 1966, v. 147, p. 392; 13) Gutzwiller M. C., Effect of correlation on ferromagnetism of transition metals, «Phys. Rev. Lett.», 1963,

v. 10, p. 159; 14) Fazekas P., Menge B., Muller-Hartmann E., [Ground-model of the infinite-dimensional Hubbard-model], «Z. Phys. B», 1990, v. 78, p. 69; 15) Зайцев Р. О., Обобщенная диаграммная техника и спиновые волны в анизотропном ферромагнетике, «ЖЭТФ», 1975, т. 68, с. 207; его же, Диаграммная техника и газовое приближение в модели Хаббарда, там же, 1976, т. 70, с. 1100; 16) Izyumov Yu. A., Letfulov B. M., A diagram technique for Hubbard operators, «J. Phys. Cond. Matt.», 1990, v. 2, p. 8905; 17) Joffe L., Larkin A., Gapless fermions and gaugefields in dielectrics, «Phys. Rev. B», 1989, v. 39, p. 8988; 18) Anderson P. W., The resonating valence bond state in La_2CuO_4 and superconductivity, «Science», 1987, v. 235, p. 1196.

Ю. А. Изюмов.

ХАББЛА ЗАКОН — пропорциональность скорости v удаления внегалактич. объекта расстоянию до него r :

$$v = Hr,$$

где H — Хаббла постоянная.

Х. з. хорошо выполняется для галактик, не входящих в скопления, и скоплений галактик как целого. Открыт Э. П. Хабблом (Е. Р. Hubble) в 1929 при сравнении расстояний до 18 галактик с их скоростями, определёнными по Доплера эффекту. Все галактики, выбранные Хабблом, имели систематич. красное смещение. Первые данные о систематич. красном смещении галактик были получены В. М. Слайфером (V. M. Slipher) в 1910. Открытие Х. з. означало открытие расширения Вселенной. Закон Хаббла явился первым подтверждением модели нестационарной Вселенной А. А. Фридмана.

И. К. Розгачёва.

ХАББЛА ПОСТОЯННАЯ — показатель расширения Вселенной, описываемой моделью Фридмана, $H(t) = (dR/dt)/R(t)$, зависит только от времени t (R — масштабный фактор, см. Фридмана — Робертсона — Уокера метрика). Для определения Х. п. используют данные о расстояниях до ярчайших галактик (см. Расстояний шкала) и соответствующие красные смещения спектральных линий. Согласно наблюдениям, в совр. эпоху Х. п. равна 50—80 км/(с · Мпк). Зная из наблюдений Х. п. и параметр замедления $q = -(Rd^2R/dt^2)/(dR/dt)^2$ можно найти масштабный фактор и определить знак кривизны пространства-времени Вселенной.

И. К. Розгачёва.

ХАНЛЕ ЭФФЕКТ — один из эффектов магнитооптики, состоит в изменении диаграммы направленности и в уменьшении степени поляризации света резонансной частоты, рассеянного атомами, находящимися в слабом внеш. магн. поле. Характер поляризации рассеянного света существенным образом зависит от величины и направления поля и направления наблюдения. В сильных магн. полях эта зависимость исчезает. Эффект носит имя В. Ханле (W. Hanle), к-рый последовательно изучил явление и впервые объяснил его в 1924. Количеств. теория Х. э. требует применения квантовой механики, однако качественно явление допускает классич. объяснение. Атом, возбуждённый линейно поляризованным светом (см. Поляризация света) на резонансной частоте, рассматривается как электрич. диполь, ориентированный по электрич. вектору возбуждающего света (см. Оптическая ориентация) и обладающий характерным для данного атома затуханием. Возбуждённый диполь является вторичным источником линейно поляризованного излучения, интенсивность к-рого зависит от угла между осью диполя и направлением наблюдения, а вектор поляризации лежит в плоскости, проходящей через ось диполя и направление наблюдения. Магн. поле, направление к-рого не совпадает с осью диполя, вызывает его прецессию, т. е. периодически меняет его ориентацию, что сопровождается поворотом плоскости поляризации и деполаризацией излучения диполя. Если за время одного периода прецессии затухание диполя велико, то ср. положение излучающего диполя за это время успевает измениться лишь незначительно, что соответствует незначит. уменьшению степени поляризации испущенного света и нек-рому повороту эфф. плоскости поляризации. Если затухание диполя несущественно за время одного периода прецессии, то за всё время излучения диполь совершит много оборотов, так что при наблюдении, перпендикуляр-