газа это явление не связано с фазовым переходом. Особенно существенна Ф.—Д. с. для понимания свойств металлов и *вырожденных полупроводников*, в теории сверхпроводимости и сверхтекучести ^{3}He.

Ф.—Д. с. для системы взаимодействующих частиц основана на методе Гиббса для квантовых систем. Она может быть реализована, если известны квантовые уровни $\mathscr{E}_n$ системы и удаётся вычислить *статистическую сумму* Z, напр. для *большого канонического распределения Гиббса*

$$Z=\sum_{n,N}\exp\left[-(\mathscr{E}_n-\mu N)/kT\right],$$

где суммирование ведётся по всем квантовым уровням n, допустимым Ф.—Д. с., и по полному числу частиц N. Эта задача не сводится к простой комбинаторике и очень сложна, если взаимодействие между частицами не мало.

Задачу вычисления Z можно упростить, если представить Z в инвариантной форме, не зависящей от представления *статистического оператора*:

$$Z=\mathrm{Sp}\left\{\exp\left[-(H-\mu N)/kT\right]\right\},$$

где Sp обозначает сумму диагональных матричных элементов статистич. оператора; H—гамильтониан в представлении *вторичного квантования*, выраженный через a_i^+, a_i^-—операторы рождения и уничтожения частиц в состоянии $\varphi_i(x)$ одночастичного гамильтониана (без учёта взаимодействия между частицами). Операторы рождения и уничтожения удовлетворяют перестановочным соотношениям Ф.—Д. с.:

$$a_i^+a_j^+-a_j^+a_i^+=a_i^-a_j^-+a_j^-a_i^-=0,$$
$$a_i^-a_j^++a_j^+a_i^-=\delta_{ij},$$

где δ_{ij}—*Кронекера символ*. Гамильтониан H может быть записан в более компактной форме через операторы вторичного квантования

$$\Psi^+(x)=\sum_i\varphi_i^*(x)a_i^+,\quad \Psi(x)=\sum_i\varphi_i(x)a_i^-,$$

удовлетворяющие перестановочным соотношениям:

$$\Psi^+(x)\Psi^+(x')+\Psi^+(x')\Psi^+(x)=\Psi(x)\Psi(x')+\Psi(x')\Psi(x)=0,$$
$$\Psi(x)\Psi^+(x')+\Psi^+(x')\Psi(x)=\delta(x-x'),$$

где $\delta(x-x')$—*дельта-функция* Дирака, $*$—обозначает комплексное сопряжение. Тогда требования Ф.—Д. с. оказываются выполнены и в статистич. сумме будут учитываться лишь антисимметричные состояния.

Представление вторичного квантования для H даёт наиб. компактную и удобную форму для приложений Ф.—Д. с., в частности в теории конденсированных сред. Аналогичное представление имеет место и для статистики Бозе—Эйнштейна, причём антикоммутаторы следует заменить на коммутаторы.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, ч. 1, 3 изд., М., 1976, § 54; Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш., Термодинамика, статистическая физика и кинетика, 2 изд., М., 1977, гл. 3.

Д. Н. Зубарев.

ФЕ́РМИ-ЖИ́ДКОСТЬ—квантовая жидкость, в к-рой элементарные возбуждения (квазичастицы) обладают полуцелым спином; подчиняется *Ферми—Дирака статистике*. К Ф.-ж. относятся, напр., электроны в металлах и полупроводниках, нейтроны в нейтронных звёздах, экситоны в экситонных каплях в диэлектрике (нормальная Ф.-ж.), а также жидкий ^{3}He (сверхтекучая Ф.-ж.). См. *Квантовая жидкость*.

ФЕ́РМИ-И́МПУЛЬС—макс. значение импульса, к-рым могут обладать фермионы при темп-ре $T=0$ К. Ф.-и. в случае квадратичного закона дисперсии фермионов равен

$$p_F=\sqrt{2m\mathscr{E}_F},$$

где m—масса фермиона (эфф. масса в случае *квазичастиц*), $\mathscr{E}_F$—*ферми-энергия* (см. также *Ферми-поверхность*).

ФЕ́РМИЙ (лат. Fermium), Fm,—радиоакт. хим. элемент III группы периодич. системы элементов Менделеева, ат. номер 100; относится к тяжёлым *актиноидам* (т. н. трансплутониевым элементам). Известны изотопы Ф. с массовыми числами 244—258, все они радиоактивны. Наиб. устойчив ^{257}Fm (α-распад и спонтанное деление, $T_{1/2}=100{,}5$ сут). Ф. открыт в 1952 А. Гиорсо (A. Ghiorso) и др. и назван в честь Э. Ферми (E. Fermi). Конфигурация внеш. электронных оболочек $5s^2p^6d^{10}f^{12}6s^2p^67s^2$ (предположительно). Энергии последоват. ионизаций 6,7; 12,5 и 22,5 эВ. Проявляет степени окисления $+3$ (как и др. актиноиды) и $+2$ (редко). Мишени, содержащие Ф., используют для искусств. синтеза более тяжёлых хим. элементов.

С. С. Бердоносов.

ФЕРМИО́Н (ферми-частица)—частица или *квазичастица* с полуцелым *спином*. Ф. подчиняются *Ферми—Дирака статистике*. Ф. являются все *барионы*, *кварки* и *лептоны*. Связанная система, в к-рую входит нечётное число Ф., также есть Ф. Напр., атомное ядро с нечётным *массовым числом*, атом (ион) с нечётной суммой его массового числа и числа электронов. Примерами квазичастиц Ф. являются *дырка* и *полярон*.

ФЕ́РМИ-ПОВЕ́РХНОСТЬ—изоэнергетич. поверхность в пространстве квазиимпульсов (p-пространстве), соответствующая *ферми-энергии* $\mathscr{E}_F$:

$$\mathscr{E}_s(\boldsymbol{p})=\mathscr{E}_F. \qquad (1)$$

Здесь $\mathscr{E}_s(\boldsymbol{p})$—*дисперсии закон* электрона проводимости; s—номер энергетич. зоны (см. *Зонная теория*). Ф.-п. отделяет при темп-ре $T=0$ К занятые электронами проводимости состояния от свободных. Изображая Ф.-п., можно ограничиться одной ячейкой p-пространства (1-й *Бриллюэна зоной*), т. к. в ней расположены концы векторов $\boldsymbol{p}$, описывающие все неэквивалентные состояния. Но можно использовать расширенное (бесконечное) p-пространство, в к-ром каждая изоэнергетич. поверхность (и Ф.-п. тоже) периодична с периодом $2\pi\boldsymbol{b}h$, где $\boldsymbol{b}$—произвольный вектор *обратной решётки*. Если Ф.-п. полностью умещается в одной ячейке p-пространства, то такую поверхность наз. замкнутой. Если Ф.-п. пересекает границы ячейки p-пространства, её наз. открытой. При использовании расширенного p-пространства замкнутая Ф.-п. бесконечно повторяется из ячейки в ячейку, а открытая проходит через всё p-пространство. Ф.-п. может быть открыта в одном, двух и трёх измерениях (рис. 1, 2, 3).

Рис. 1. Поверхность Ферми графита.

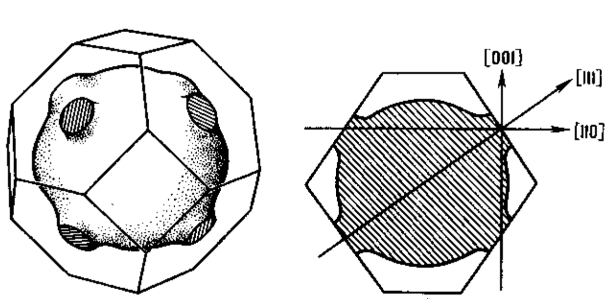

Рис. 2. *а*—Открытая поверхность Ферми Au, Cu, Ag; *б*—сечение её плоскостью [110], видны открытые направления.

У большинства металлов имеется неск. частично заполненных энергетич. зон. Поэтому, как правило, Ф.-п. имеет неск. полостей (карманов, долин), из к-рых одни могут быть открытыми, а другие замкнутыми. Замкнутая Ф.-п. может окружать область p-пространства, где $\mathscr{E}_s(\boldsymbol{p})<\mathscr{E}_F$;