

# Ферми-газ

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**Фе́рми-газ** (или **идеальный газ Фе́рми — Ди́ра́ка**) — газ, состоящий из частиц, удовлетворяющих статистике Ферми — Дирака, имеющих малую массу и высокую концентрацию. Например, электроны в металле. В первом приближении можно считать, что потенциал, действующий на электроны в металле, является постоянной величиной и благодаря сильному экранированию положительно заряженными ионами можно пренебречь электростатическим отталкиванием между электронами. Тогда электроны металла можно рассматривать как идеальный газ Ферми — Дирака — электронный газ.

## Содержание

- Газ Ферми — Дирака при нулевой температуре
- Газ Ферми — Дирака при конечной температуре
- См. также
- Литература
- Ссылки

## Газ Ферми — Дирака при нулевой температуре

Самая низкая энергия классического газа (или газа Бозе — Эйнштейна) при        равна        . То есть при нулевой температуре все частицы падают в самое низкое состояние и теряют всю свою кинетическую энергию. Однако, для газа Ферми это невозможно. Принцип исключения Паули позволяет находиться в одном состоянии только одной ферми-частице с полуцелым спином.

Самую низкую энергию газа        с        частиц можно получить путём размещения по одной частице в каждом из        квантовых состояний с наименьшей энергией. Поэтому энергия        такого газа при        будет отличной от нуля.

Величину        несложно вычислить. Обозначим через        энергию электрона в самом высоком квантовом состоянии, которое ещё заполнено при        . При нулевой температуре все квантовые состояния с энергией ниже        заняты, а все квантовые состояния с энергией выше        — свободны.

Поэтому должно существовать ровно        состояний с энергией ниже или равной        . Этого условия достаточно для нахождения        . Поскольку объём микроскопический, трансляционные состояния находятся близко один к другому в импульсном пространстве и мы можем заменить суммирование по трансляционным квантовым состояниям интегрированием по классическому фазовому пространству, предварительно разделив на        :

14.04.2023, 22:30

Ферми-газ — Википедия

где  $\Omega$  — число внутренних квантовых состояний, которые соответствуют внутренней энергии. Число  $\Omega$ , для электронов со спином  $1/2$ . Интегрируя последнее выражение от  $0$  до  $\infty$ , величины импульса самого высокого заполненного при  $T=0$  состояния с энергией  $\epsilon_F$ , и приравнивая результат к  $N$ , получаем с учётом того, что  $\epsilon_F$  :

или для электронов с  $g=2$  :

Величину  $\epsilon_F$ , наивысшую энергию заполненных уровней, называют энергией Ферми.

## Газ Ферми — Дирака при конечной температуре

Для ненулевых значений параметра  $\beta$  плотность числа электронов  $n$  в энергетическом пространстве находим путём умножения квантовых плотностей состояний

на множитель  $g$ , который даёт число электронов на одно квантовое состояние:

где величина  $\mu$  — химический потенциал при  $T=0$ , а  $\mu(T)$  — химический потенциал при данной температуре.

Если проинтегрировать эту функцию по всем значениям  $\epsilon$ , то можно определить  $n$  как функцию от температуры.

Сравнивая результат, который входит в  $n$  полного числа частиц  $N$ . Отсюда видно, что для  $T=0$  величина  $\epsilon_F$  есть функция параметров  $n$  и  $g$ .

Энергию можно найти из соотношения:

в котором функция  есть некоторая простая и непрерывная функция от , например  или , и

Следует отметить, что величина  имеет порядок от  до  К для большинства металлов.

Пропуская довольно громоздкие математические выкладки, в результате получим приблизительное значение химического потенциала:

которое выражает химический потенциал  через параметры  и .

Тут следует отметить, что эта зависимость не очень сильная, например для комнатных температур первая добавка составляет достаточно малую величину — . Поэтому на практике, при комнатных температурах химический потенциал практически совпадает с потенциалом ферми.

## См. также

- Энергия Ферми
- Идеальный газ
- Квантовый газ
- Бозе-газ

## Литература

- Майер Дж., Геллерт-Майер М.* Статистическая механика. — 2-е изд. перераб. — М.: Мир, 1980. — 544 с.

## Ссылки

- A Fermi gas of atoms — **physicsworld.com** Apr 4, 2002 (https://web.archive.org/web/20190502060714/http://physicsworld.com/cws/article/print/5287)
- Seiringer R.* The Thermodynamic Pressure of a Dilute Fermi Gas (https://web.archive.org/web/20190502060714/http://www.citebase.org/abstract?id=oai%3AarXiv.org%3Amath-ph%2F0412086) / Commun. Math. Phys. — 261. — 2006. — pp. 729–758.
- Fermi gas goes superfluid — **physicsworld.com** Jul 22, 2004 (https://web.archive.org/web/20190502060714/http://physicsworld.com/cws/article/news/19929)

Источник — https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Ферми-газ&oldid=99289736

**Эта страница в последний раз была отредактирована 18 апреля 2019 в 10:03.**

Текст доступен по лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike; в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.

Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации Wikimedia Foundation, Inc.