

ПЕРЕХОДНЫЙ МЕТАЛЛ (МЕДЬ) В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Каклюгин А.С.

МФТИ, Долгопрудный
bio@pop3.mipt.ru

Рассматриваются металлы в магнитных полях, при которых, с одной стороны, магнитное квантование Ландау существенно, но, с другой стороны, имеет место сохранение энергетического спектра электронов (он нарушается при $H \sim H_0 = cm^2(e/\hbar)^3 = 2.3 \cdot 10^9$ Гс). Такие поля ($H \sim 10^9$ Гс) характерны для экспериментов, в которых происходит разрушение металла под действием сильных токов. В термодинамике металлов [1] считается, что для простых металлов выполняется «уравнение состояния электронов» $PV = 2E/3$ (в металле давление электронов частично компенсировано давлением решетки). При рассмотрении металлов в полях $H < H_0$, когда вкладом квадратичного по H слагаемого можно пренебречь, считается, что давление остается изотропным и не зависит от магнитного поля. В полях $H \gg H_0$ давление электронов металла гораздо слабее (и анизотропно — сохраняется, в основном, вдоль магнитного поля), что приводит к тому, что вещество в таких полях кристаллизуется в сильно анизотропной решетке [2]. В этих условиях, несмотря на сохранение общих черт решетки, зонной структуры и распределений электронов, следует ожидать анизотропное (в плоскости, перпендикулярной магнитному полю) уменьшение давления и соответствующее увеличение энергии связи в металле.

Для простых металлов отталкивание определяется парамагнитными s -электронами и небольшое уменьшение радиуса (стягивание диамагнитной d -оболочки) не будет заметно. Параметры кристаллической решетки такого металла останутся такими же, как и без учета в гамилтониане квадратичного по H слагаемого. Похожая ситуация (но более сложная) имеет место и для переходных металлов с незаполненными d -оболочками, у которых уровень Ферми находится на d -зоне. У металлов с полностью заполненной d -оболочкой (благородные металлы и следующие за ними) отталкивание определяется радиусом диамагнитной d -оболочки. Уменьшение этого радиуса в магнитном поле приведет к сжатию кристалла. Сделаны оценки для меди, показано, что воздействие полей $\sim 10^9$ Гс аналогично действию давления в десятки килобар или соответствующему изменению сжимаемости решетки.

1. Лифшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. М.: Наука, 1971.
2. Каклюгин А.С. // Оптика твердого тела. Долгопрудный: МФТИ, 1983. С.74–78.