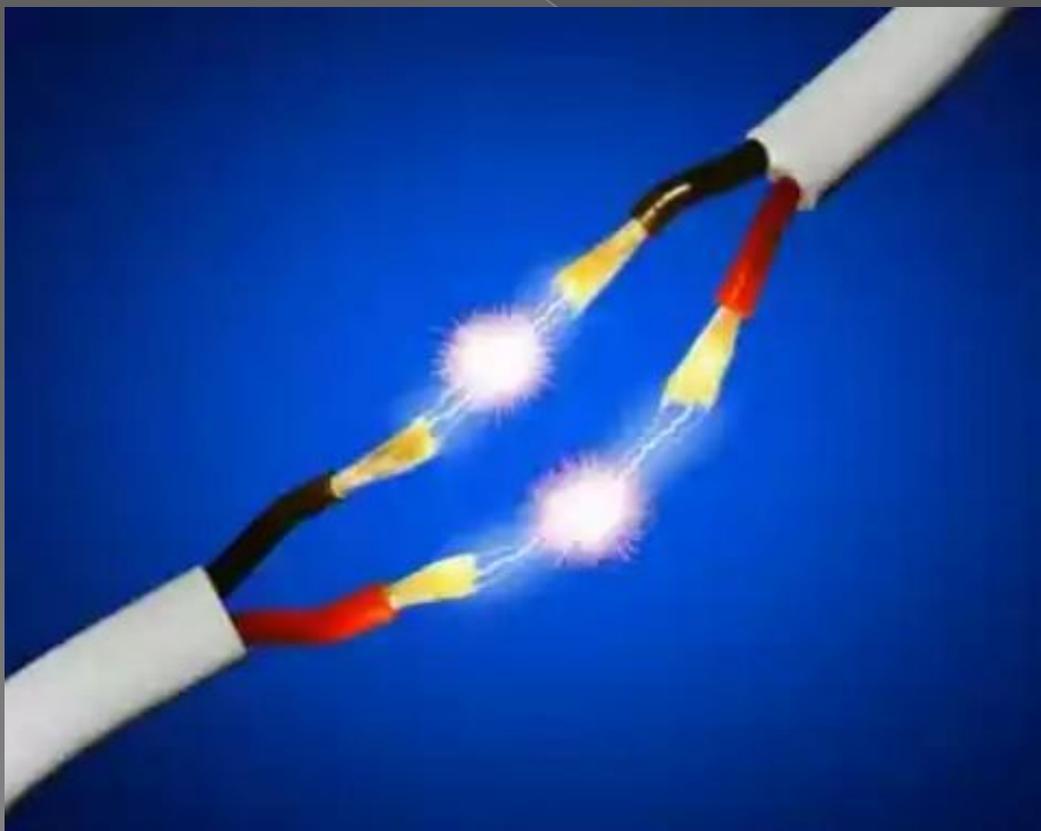


Электропроводимость металлов



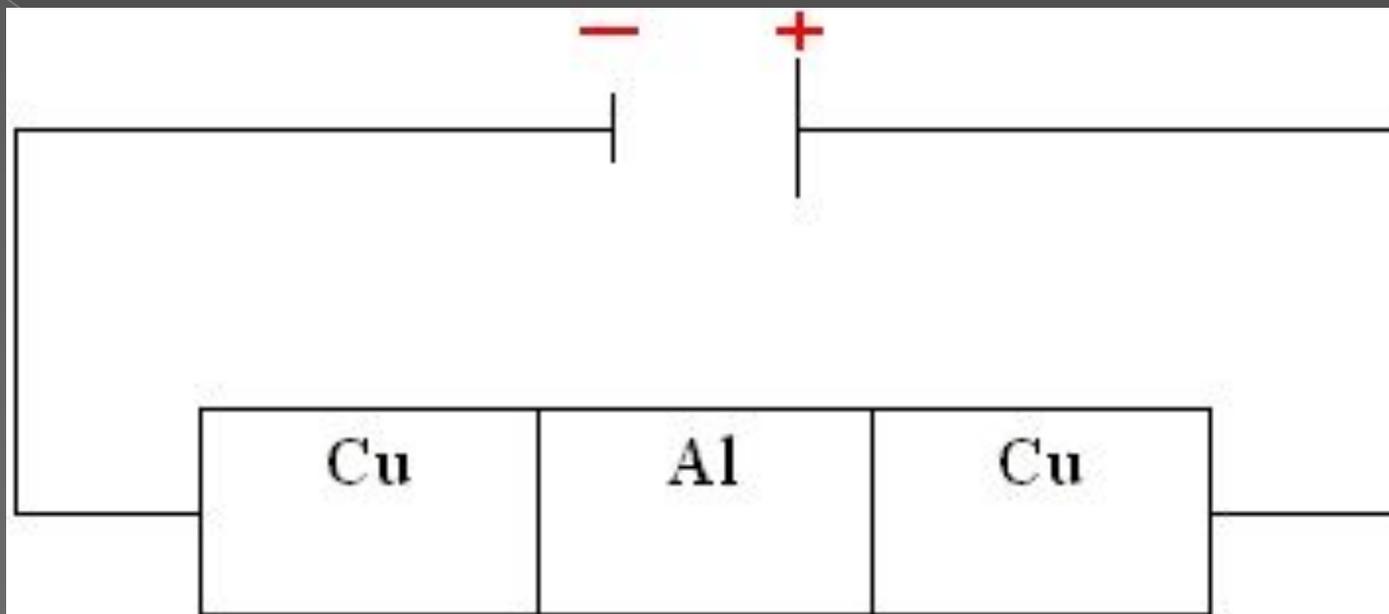
Подготовил: Асилбеков С.,
Туранов А., Абдимоминов Ж.,
Буйрикбаев А.
Группа: ММГ-14-2р
Приняла : Понаморенко Е. В.

Электрический ток в металлах – это упорядоченное движение электронов под действием электрического поля. Опыты показывают, что при протекании тока по металлическому проводнику не происходит переноса вещества, следовательно, ионы металла не принимают участия в переносе электрического заряда.



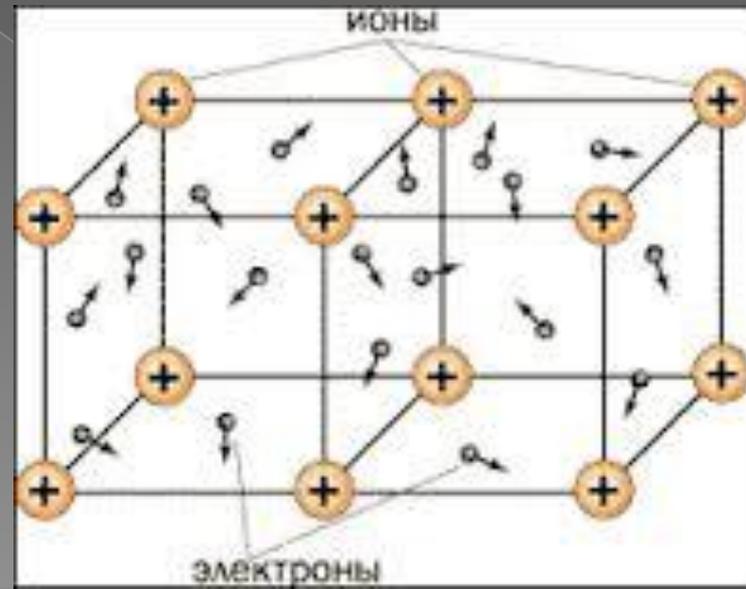
Опыт Э.Рикке

В этих опытах электрический ток пропускали в течении года через три прижатых друг к другу, хорошо отшлифованных цилиндра - медный, алюминиевый и снова медный. Общий заряд, прошедший за это время через цилиндры, был очень велик (около $3,5 \cdot 10^6$ Кл). После окончания было установлено, что имеются лишь незначительные следы взаимного проникновения металлов, которые не превышают результатов обычной диффузии атомов в твёрдых телах. Измерения, проведённые с высокой степенью точности, показали, что масса каждого из цилиндров осталась неизменной. Поскольку массы атомов меди и алюминия существенно отличаются друг от друга, то масса цилиндров должна была бы заметно измениться, если бы носителями заряда были ионы.



Опыт Э. Рикке

Следовательно, свободными носителями заряда в металлах являются не ионы. Огромный заряд, который прошёл через цилиндры, был перенесён, очевидно, такими частицами, которые одинаковы и в меди, и в алюминии. Как известно, такие частицы входят в состав атомов всех веществ - это электроны. Естественно предположить, что ток в металлах осуществляют именно свободные электроны.

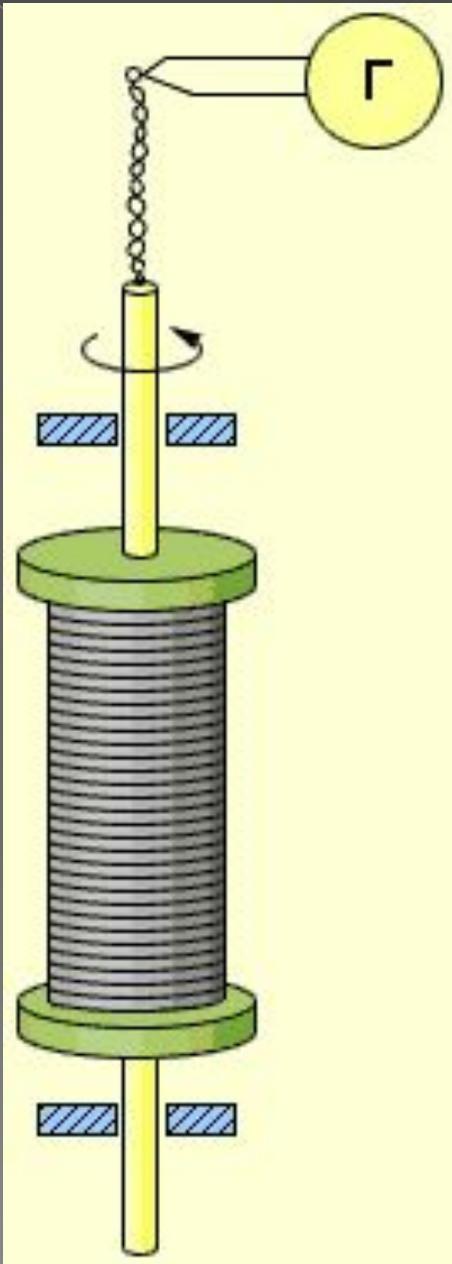


Опыт Т.Стюарта и Р.Толмена

Катушка с большим числом витков тонкой проволоки приводилась в быстрое вращение вокруг своей оси. Концы катушки с помощью гибких проводов были присоединены к чувствительному баллистическому гальванометру. Раскрученная катушка резко тормозилась, и в цепи возникал кратковременный ток, обусловленный инерцией носителей заряда. Полный заряд, протекающий по цепи, измерялся по отбросу стрелки гальванометра.



Р. Толмен

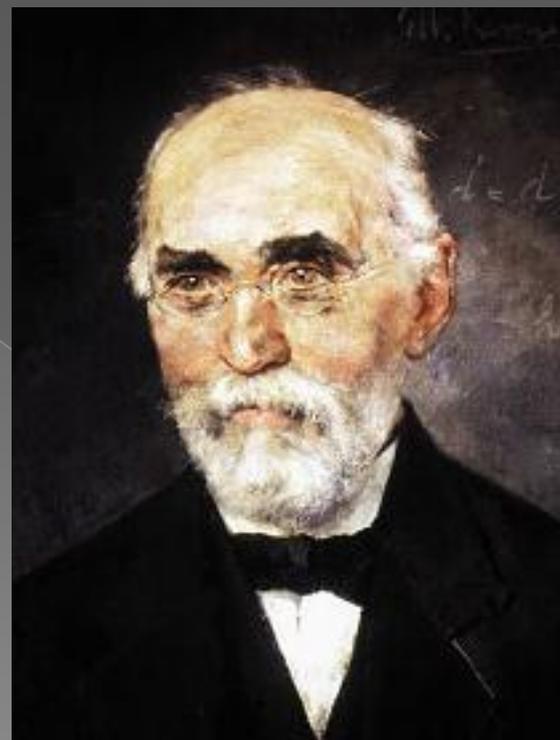


Опыт Т.Стюарта и Р.Толмена

Т.Стюарт и Р.Толмен определили экспериментально удельный заряд частиц. Он оказался равным

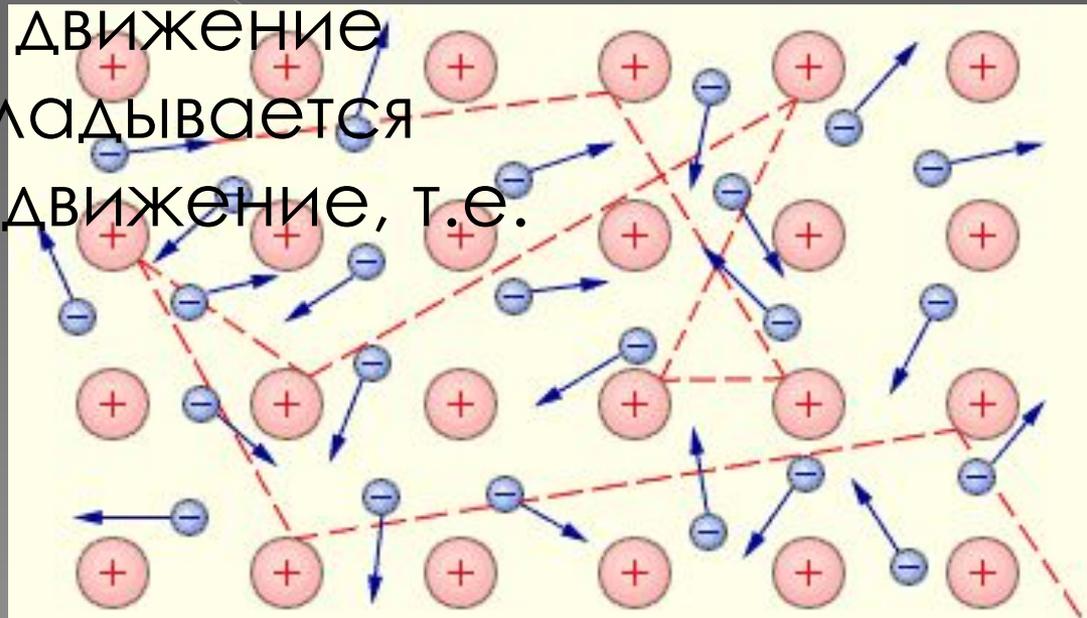
$$\frac{e}{m} = 1,75882 \cdot 10^{11} \text{ Кл / кг.}$$

В начале 20 века немецкий физик П. Друде и голландский физик Х.Лоренц создали классическую теорию электропроводности металлов.



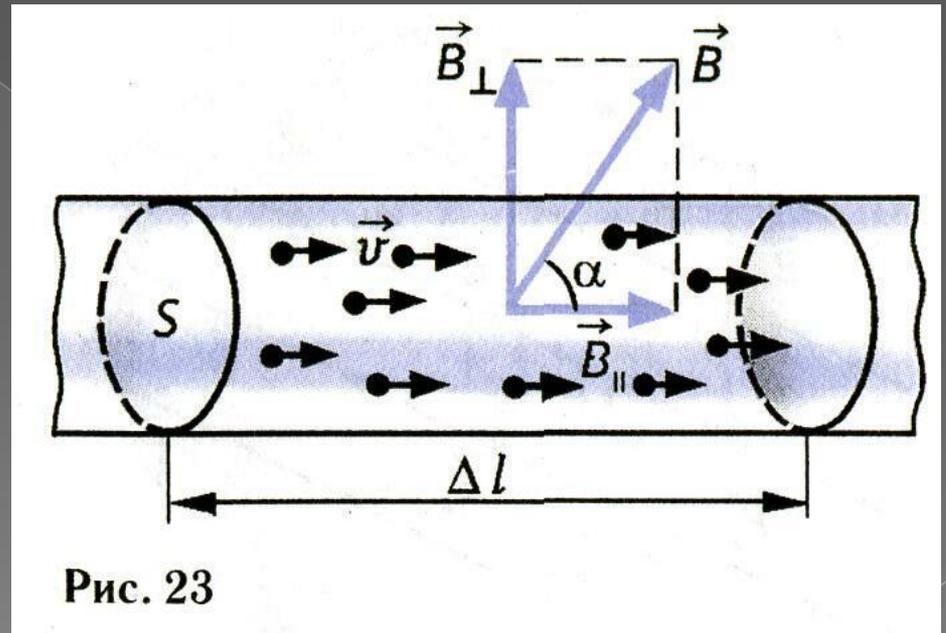
Основные положения теории

1. Хорошая проводимость металлов объясняется наличием в них большого числа электронов.
2. Под действием внешнего электрического поля на беспорядочное движение электронов накладывается упорядоченное движение, т.е. возникает ток.



3. Сила электрического, тока идущего по
металлическому проводнику равна:

$$I = enSv_{\text{д}}$$



4. Так как внутреннее строение у разных веществ различное, то и сопротивление тоже будет различным.
5. При увеличении хаотического движения частиц вещества происходит нагревание тела, т.е. выделение тепла.
Закон Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t$$

- 6. У всех металлов с увеличением температуры растёт и сопротивление.

$$\underline{R=R_0(1+at)}$$

- где a - температурный коэффициент; R_0 – удельное сопротивление и сопротивление металлического проводника; и R – удельное сопротивление проводника и сопротивление проводника при температуре t .

Сверхпроводимость

Свойство некоторых материалов обладать строго нулевым электрическим сопротивлением ниже определённой температуры. Существует множество чистых элементов, сплавов и керамик, переходящих в сверхпроводящее состояние.

Ферми поверхность

Ферми поверхность (ФП) - изоэнергетическая поверхность в пространстве квазиимпульсов p , отделяющая область занятых электронных состояний металла от области, в которой при $T = 0$ К электронов нет. За большинство свойств металлов ответственны электроны, расположенные на Ф. п. и в узкой области пространства квазиимпульсов (векторная величина, характеризующая состояние квазичастицы (например, подвижного электрона в периодическом поле кристаллической решётки)) вблизи неё.

Это связано с высокой концентрацией электронов проводимости в металле, плотно заполняющих уровни в зоне проводимости. Каждый металл характеризуется своей Ф. п., причём формы поверхностей разнообразны. Для «газа свободных электронов» Ф. п. – сфера. Объём, ограниченный Ф. п. Ω_F (приходящейся на 1 элементарную ячейку в пространстве квазиимпульсов), определяется концентрацией n электронов проводимости в металле:

$$2\Omega_F/(2\pi\hbar)^3 = \underline{n.}$$

Энергия Ферми

- При $T=0$ К

$$E_F(0) = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3}$$

Где \hbar - постоянная Планка,

m – масса электрона,

n – концентрация электронов

Энергия Ферми

- При $T \neq 0 \text{ K}$

$$E_F \approx E_F(0) \left[1 - \frac{\pi^2}{12} \left(\frac{kT}{E_F(0)} \right)^2 \right]$$

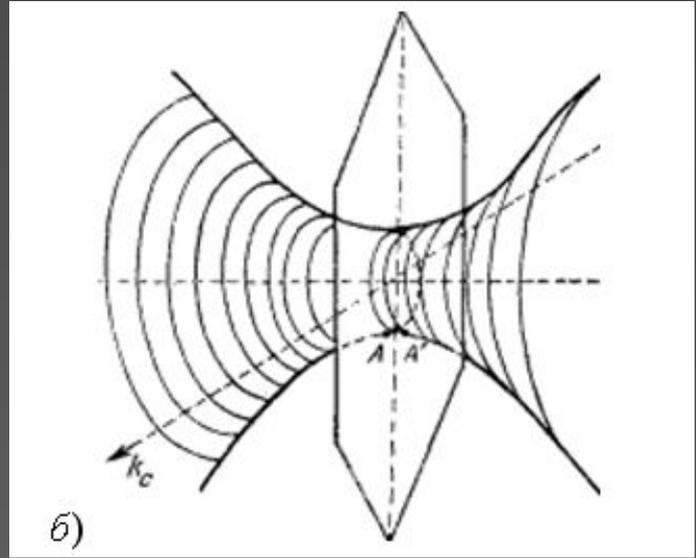
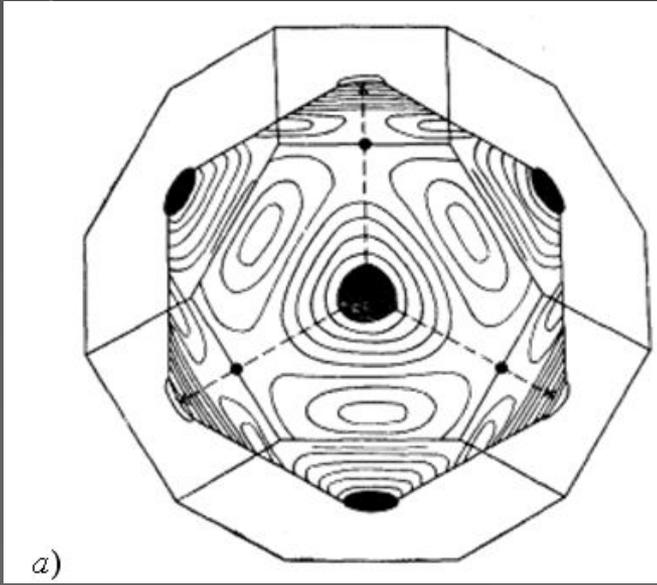
Где \hbar - постоянная Планка,

T - температура

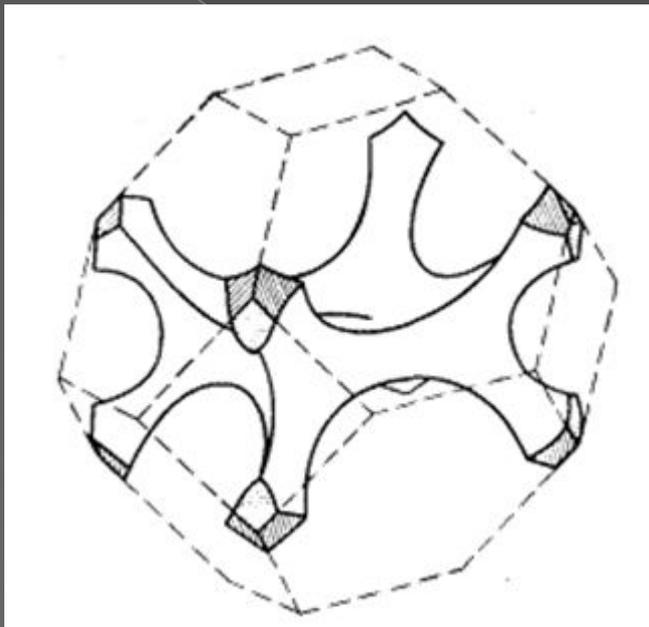
k - постоянная Больцмана

Примеры поверхности Ферми

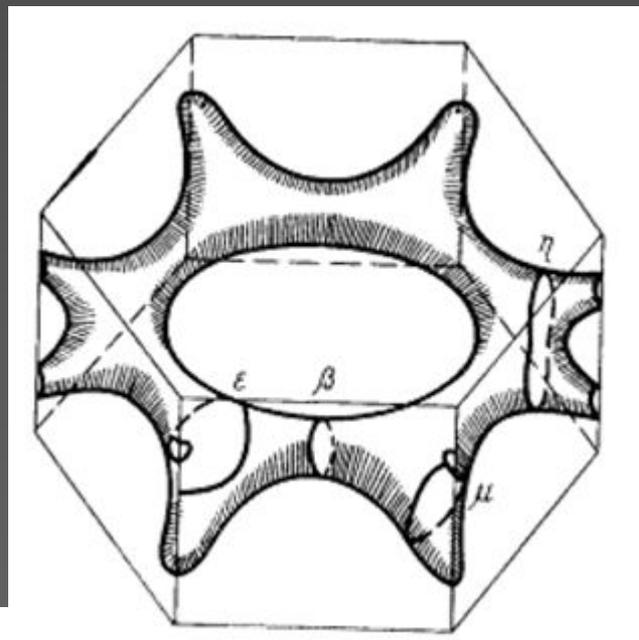
- Топология поверхности Ферми для меди, серебра и золота приблизительно одинаковая и представляет собой гофрированный сфероид, который через узкие трубки соединяется со сфероидами соседних ЗБ. На рис. **а** показан сфероид меди; на рис. **б** изображено соединение двух сфероидов в плоскости гексагональной грани, а на рис. **в** дана общая картина соединения нескольких ферми-сфероидов.



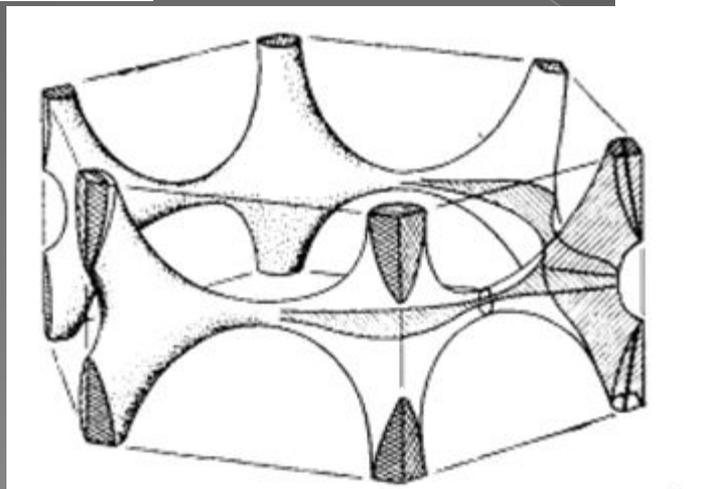
Многосвязанная ферми-поверхность дырочного типа



кальций

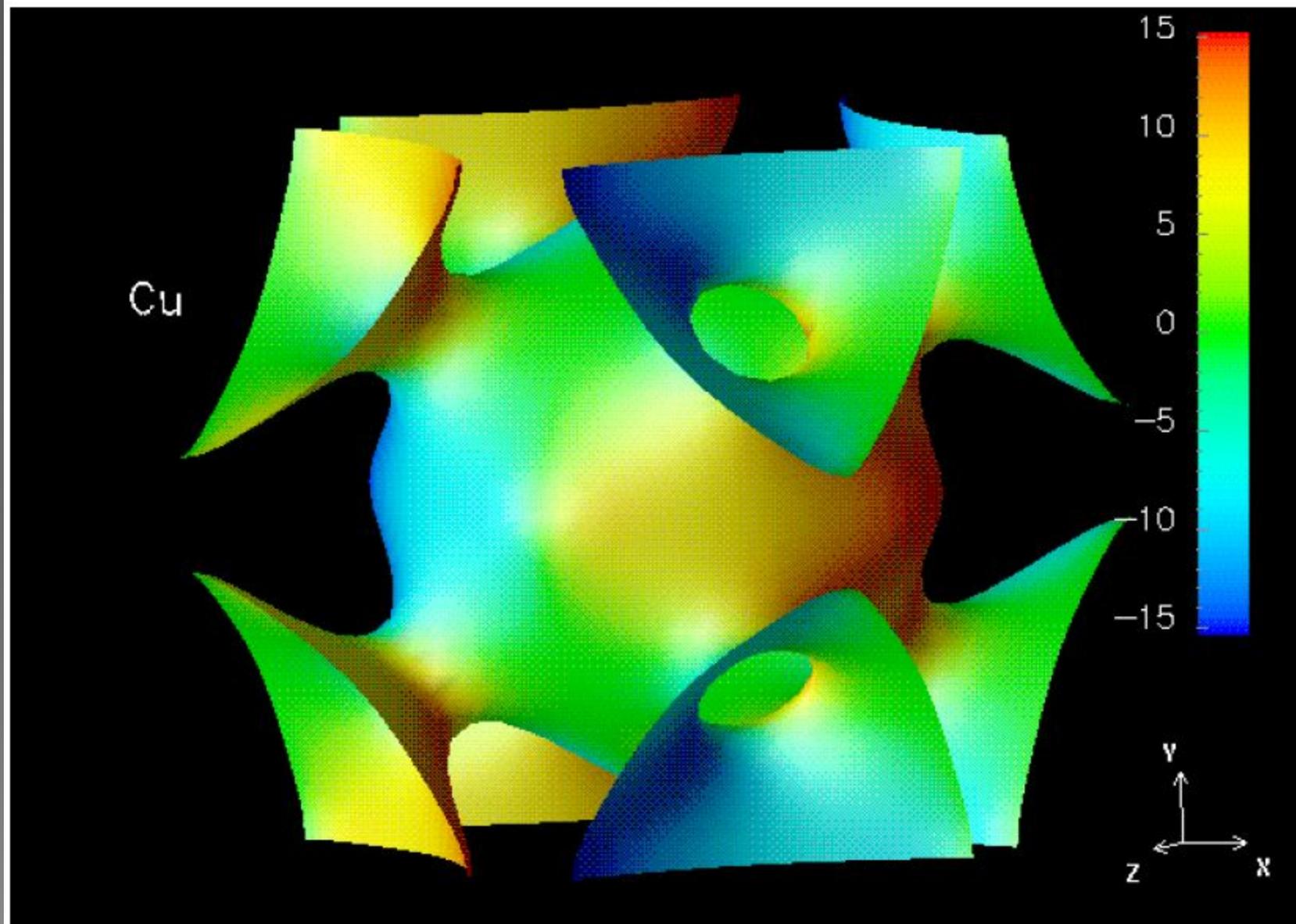


магний

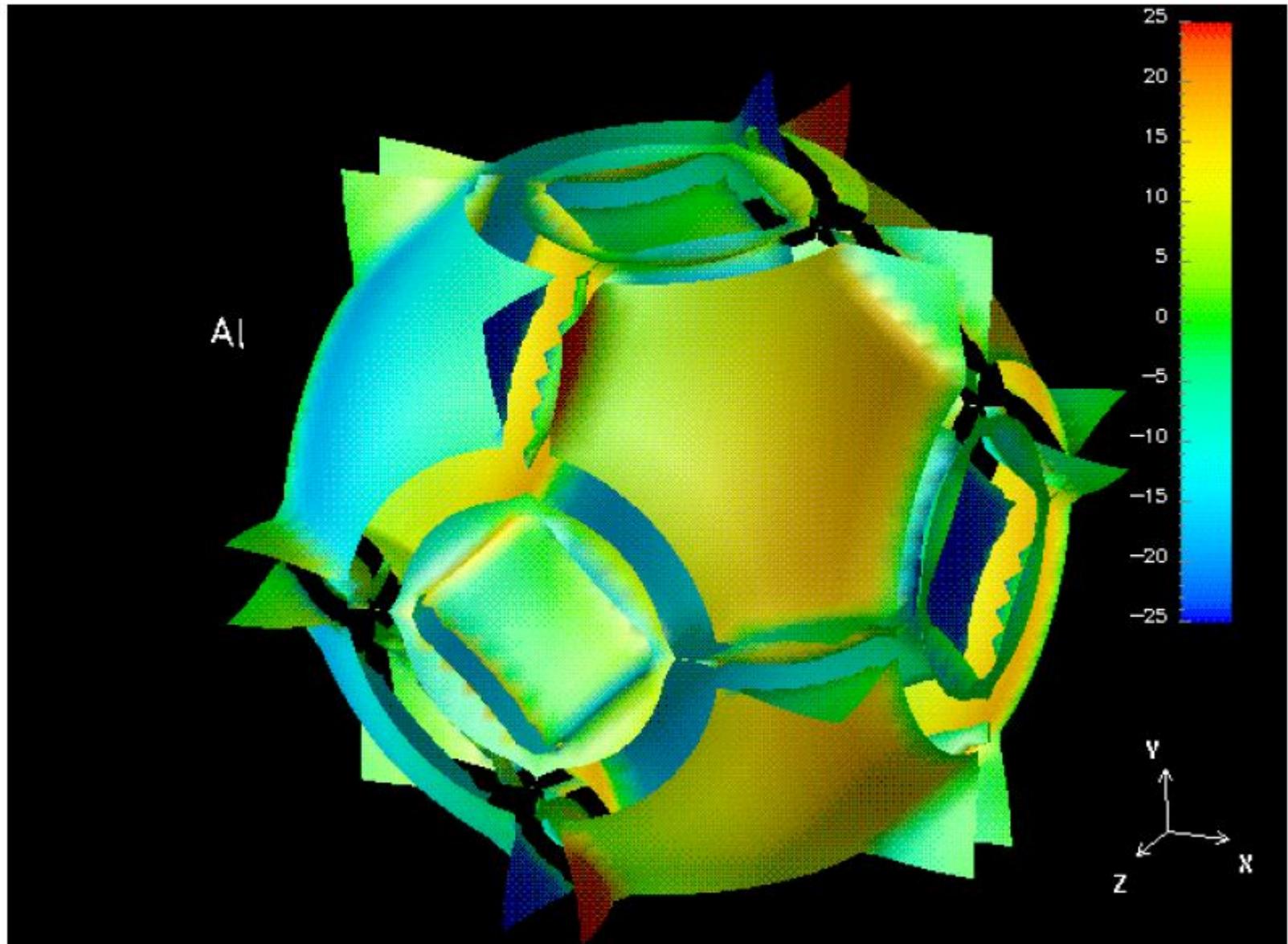


цинк

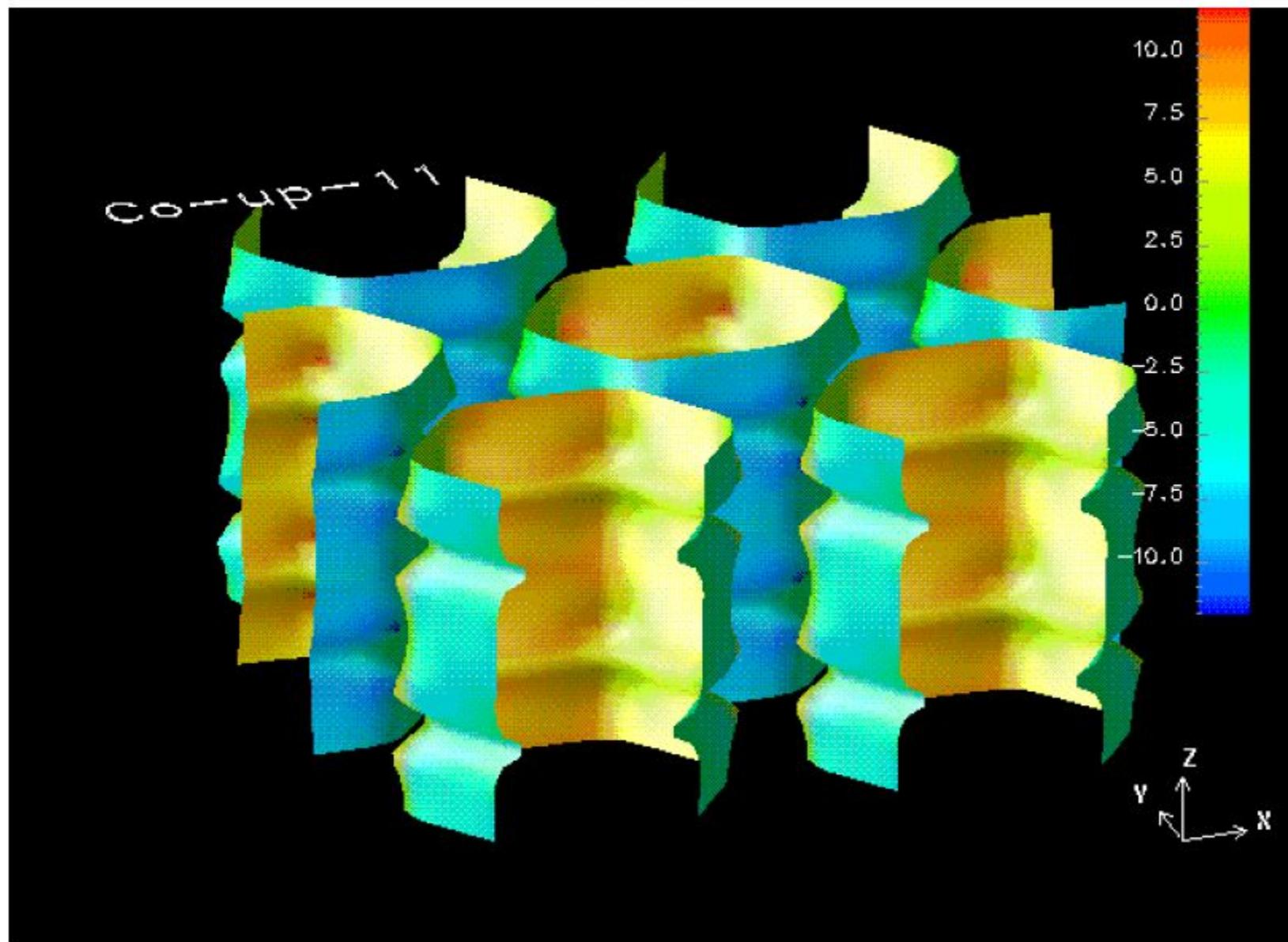
Примеры реальных поверхностей Ферми
медь



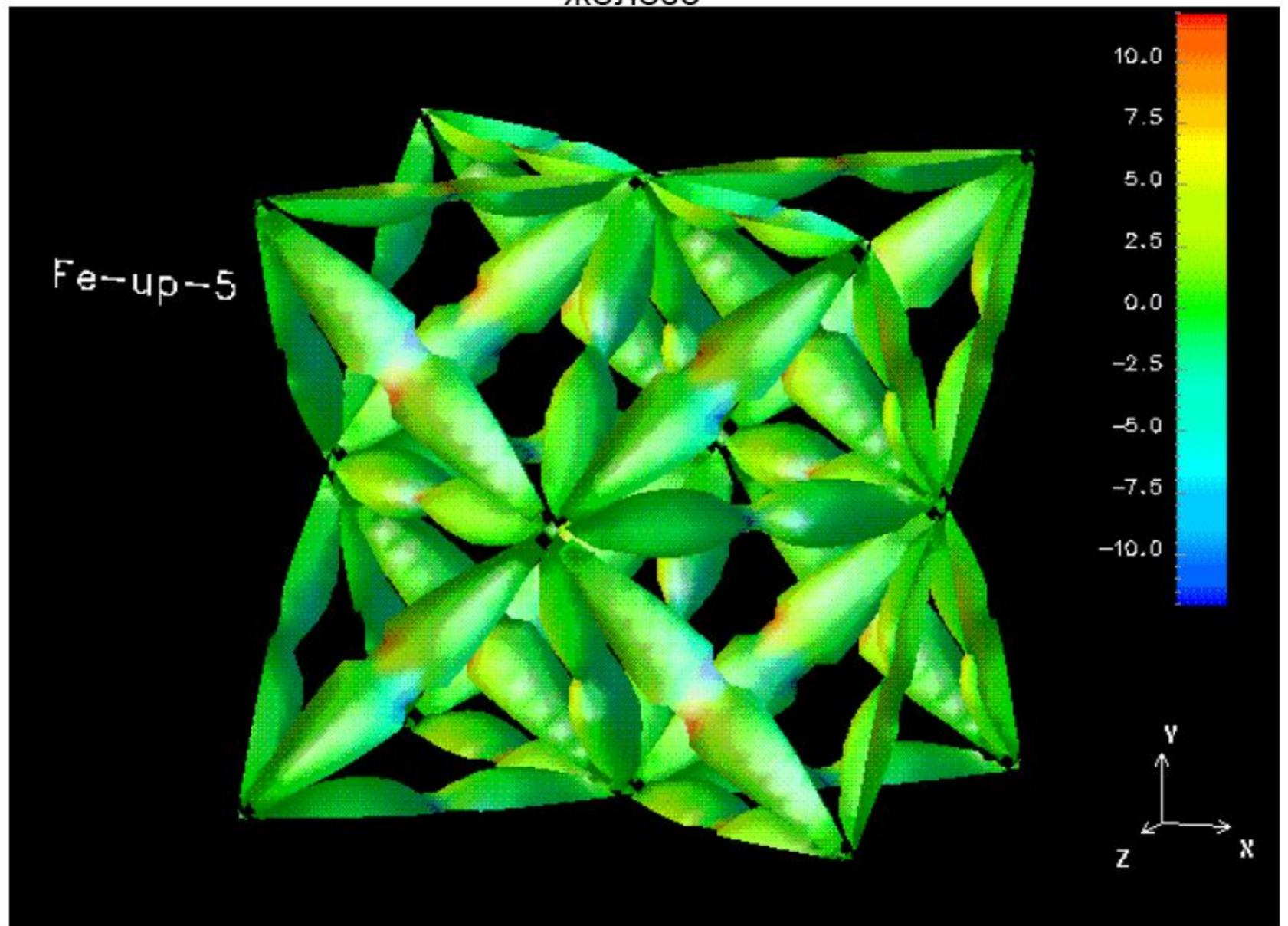
Примеры реальных поверхностей Ферми алюминий



Примеры реальных поверхностей Ферми
кобальт



Примеры реальных поверхностей Ферми
железо



Напомним теперь несколько важных моментов. Итак:

- поверхность Ферми отделяет заполненные электронные состояния в металлах от незаполненных при абсолютном нуле температуры
- кристаллический потенциал **изменяет форму** поверхности Ферми, но **не меняет ее объема**, который определяется концентрацией электронов проводимости
- импульс электронов на поверхности Ферми k_F называют **импульсом (или радиусом) Ферми**, энергию электронов на поверхности Ферми ε_F называют **энергией Ферми**, а скорость $v_F = \hbar k_F / m$ – **скоростью Ферми**.

Посмотрим чему равны эти величины. Имея в виду вышеприведенные замечания, будем работать в приближении свободных электронов. Очевидно, что для нахождения числа возможных значений волновых векторов в объеме Ω обратного пространства мы должны этот объем умножить на плотность числа состояний, которое, согласно выводам в лекции 2 равно $V/(2\pi)^3$, где V – объем кристалла, и на 2 за счет наличия спина у электрона.