



Рис.3. Изменение сопротивления металла — олова, свинца и таллия соответственно — при помещении его в магнитное поле, (в зависимости от угла между кристаллическими осями и магнитным полем)

Именно на ней и вокруг этой поверхности находятся электроны, играющие важную роль в свойствах металлов.

Металлы отличаются друг от друга тем, что у них разные поверхности Ферми

Прежде чем познакомиться с тем, как узнали, каковы поверхности Ферми разных металлов, и какую роль в процессе понимания устройства металлов сыграли работы Ильи Михайловича Лифшица и его учеников, посмотрите на таблицу. В ней собраны сведения о том, чем похожи и чем отличаются электроны в свободном

от сил пространстве и в периодическом поле сил ионов кристаллической решетки.

Проблема «устройства» макроскопических, в частности твердых, тел интересовала И.М.Лифшица с самого начала его научной деятельности. Интересы его в большой мере сосредотачивались на решении «обратных» задач. Он неоднократно задумывал-

му рассеянию нейтронов кристаллами.⁴ Однако этот метод принципиально не применим для исследования характера движения электронов металла. К счастью, в случае электронов есть важное облегчающее обстоятельство: нас интересуют не все электроны, а лишь те, энергия которых равна энергии Ферми или близка ей. А это значит, что мы должны уметь

Электрон	
в свободном пространстве	в кристалле
состояние характеризуется	
импульсом (\vec{p})	квазиимпульсом (\vec{p})
энергия (ϵ)	
$\epsilon = p^2 / (2m)$	$\epsilon = \epsilon(\vec{p})$ — периодическая функция квазиимпульса
скорость (\vec{v})	
$\vec{v} = \frac{\vec{p}}{m}$	$\vec{v} = \frac{d\epsilon(\vec{p})}{d\vec{p}} \neq \frac{\vec{p}}{m}$
уравнения движения	
изменение импульса в единицу времени равно силе \vec{F} (закон Ньютона) $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$, $\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{1}{m}\vec{F}$	изменение квазиимпульса в единицу времени равно внешней силе F^{ext} (в F^{ext} не входит периодическая сила ионов кристалла) $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}^{ext}$, $\frac{d^2x_i}{dt^2} = \sum_{k=1}^3 \left(\frac{1}{m^*}\right)_{ik} F_k^{ext}$, где $\left(\frac{1}{m^*}\right)_{ik} = \frac{\partial^2 \epsilon(\vec{p})}{\partial p_i \partial p_k}$
законы сохранения энергии и импульса (квазиимпульса) двух электронов	
$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$	$\epsilon_1 + \epsilon_2 = \epsilon'_1 + \epsilon'_2$ $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \vec{K}$, где \vec{K} — один из периодов пространства квазиимпульсов

ся, нельзя ли по экспериментальным данным выяснить, как движутся атомы и электроны в твердом теле. У него есть небольшая заметка «О колебаниях релятивистских частиц в сильных полях». Она опубликована в Докладах Академии наук СССР в 1948 году. (Заметки в Докладах содержат не более четырех страниц.) В заметке выясняется, как по зависимости периода колебаний частицы от энергии определить профиль потенциальной ямы, в которой частица совершает периодическое движение. Похоже, это — предтеча работ с решением «обратных» задач. А в 1954 году Илья Михайлович сформулировал алгоритм, позволяющий по тепловым свойствам твердых тел получить сравнительно подробную характеристику колебательного энергетического спектра твердых тел. Его метод существенно дополняет широко применяемый метод определения колебательного спектра по неупруго-

определять форму поверхности Ферми (см. (8)) и скорости электронов, имеющих фермиевскую энергию. Как обратил внимание Илья Михайлович, на помощь приходят свойства металлов в магнитном поле при низких температурах.

После первых работ (одну из них я постараюсь схематически изложить) возникло направление в исследованиях металлов, ориентированное на изучение поверхностей Ферми. Все они построены по такому принципу: если поверхность Ферми обладает таким-то свойством, то наблюдается такое-то явление. По идее, должны использоваться подобные работы «в обратном порядке»: наблюдается такое-то явление, значит, поверхность

⁴ Пролетая через кристалл, нейтрон может «качнуть» атомы кристалла. При этом теряет немного энергии и изменяет направление движения. По этим данным определяют, как «качаются» — колеблются атомы кристалла.