

Физика твердого тела представляет собой один из важнейших разделов современной науки. Благодаря успехам физики твердого тела стали возможны огромные достижения квантовой электроники, полупроводниковой техники, достижения в области создания материалов с уникальными физическими свойствами, определяющие в значительной степени важнейшие направления научно-технического прогресса. Неудивительно поэтому, что примерно половина всех физиков мира — исследователей и инженеров — занимаются теми или иными вопросами физики твердого тела. Большой вклад в развитие физики твердого тела, наряду с зарубежными учеными, внесли советские ученые Я. И. Френкель, Л. В. Ландау, В. Л. Гинзбург, А. В. Шубников, Н. В. Белов, Н. Н. Боголюбов и многие другие. Объектами исследования физики твердого тела являются твердые тела. Практически при достаточно низких температурах все вещества находятся в твердом состоянии. Под твердыми телами понимают вещества, которые обладают некоторой жесткостью по отношению к сдвигу. Структура таких веществ обычно является кристаллической. В окружающем нас мире имеется огромное количество веществ в кристаллическом состоянии, которым присущи многие весьма разнообразные свойства, определяемые как различным внутренним строением, так и природой атомов, входящих в их состав. *Особенностью строения кристаллических веществ является наличие так называемого «дальнего» порядка — корреляции во взаимном расположении атомов (молекул) на расстояниях много больших, чем средние межатомные расстояния.* Такая корреляция обусловлена динамическим равновесием многих сил или процессов, возникающих при взаимодействии атомов и имеющих специфическое строение электронных оболочек. В состоянии такого равновесия атомы (молекулы) располагаются упорядоченно, образуя симметричный, периодически повторяющийся в пространстве узор, характерный для данного кристалла. Указанное равновесие может нарушаться за счет дефектов структуры — точечных дефектов, дислокаций, пустот, частиц другой фазы, включений. Многие свойства реальных кристаллов (ионная и полупроводниковая электропроводность, фотопроводимость, люминесценция, прочность и пластичность, окраска, диффузия) являются структурно-чувствительными, т. е. зависят от дефектов структуры. Названные нарушения, введение которых существенно изменяют свойства твердых тел, достигаются путем каких-либо внешних воздействий — механических, электрических, магнитных, ионно-лучевых, легирования. Это открывает чрезвычайно широкие

возможности управления свойствами твердых тел, используемых в различных областях современной науки и техники.

Кристаллические твердые вещества встречаются в виде отдельных одиночных кристаллов — монокристаллов — и в виде поликристаллов, представляющих собой скопления беспорядочно ориентированных мелких кристалликов — кристаллитов, или, как их еще называют, зерен.

Монокристаллы часто растут в виде правильных многогранников с плоскими и гладкими, как зеркало, гранями и прямыми ребрами. Форма многогранника определяется симметрией и закономерным внутренним строением кристалла из частиц, его составляющих. Эти же монокристаллы в природе могут встречаться и не в виде многогранников. Все зависит от условий, в которых вырос монокристалл. Монокристаллы, в которых в разных направлениях различны расстояния и силы связи, в отношении хотя бы некоторых свойств являются анизотропными, т. е. их свойства зависят от направления в кристаллах.

Реальные монокристаллы, как показали микроскопические и рентгеноструктурные исследования, редко имеют идеальное строение. Обычно они имеют мозаичную структуру. Весь монокристалл в этом случае разбит на так называемые блоки мозаики, размером около 10^{-6} м. Блоки мозаики слегка разориентированы друг относительно друга, угол максимальной разориентации нормалей к плоскостям блоков составляет для различных монокристаллов от $10-15''$ до $10-15'$.

В поликристаллах кристаллиты (зерна) часто по строению очень близки к монокристаллам, например, кристаллиты рекристаллизованных металлов. Кристаллиты также разбиваются на блоки мозаики, имеющие размеры порядка 10^{-6} м. Каждый блок мозаики имеет почти идеальную структуру, но блоки расположены не в один ряд, а повернуты друг относительно друга на углы от нескольких минут до нескольких градусов.

Кроме кристаллических веществ, в природе имеются также аморфные твердые тела, в которых отсутствует присущий кристаллам «дальний» порядок. В то же время наблюдается определенная согласованность в расположении смежных частиц в пространстве. С расстоянием эта согласованность уменьшается и на расстояниях, сравнимых со средними межатомными ($0,5-1$ нм), — исчезает. В этом случае говорят, что в аморфных твердых телах имеет место «ближний» порядок в расположении атомов (молекул). Структура «ближнего» порядка аморфных тел, как правило, соответствует структурным мотивам, типичным для этих веществ в кристаллическом состоянии. Макроскопическая особенность веществ в аморфном состоянии — естественная изотропия их свойств. Различие в структурах кристаллических и аморфных твердых тел приводит к различию в их физических свойствах.

Физика твердого тела — это наука о строении, свойствах твердых тел (кристаллических и аморфных) и происходящих в них физических явлениях. Как наука, физика твердого тела родилась в начале XX века в связи с развитием рентгеновских методов определения структуры твердых тел, атомной физики и квантовой механики. Физика твердого тела занимается установлением зависимостей между атомно-электронной структурой твердых тел, их составом и различными физическими свойствами — механическими, тепловыми, электрическими, магнитными, оптическими и другими. Указанные закономерности устанавливаются путем использования огромного арсенала современных методов исследования — электронно-микроскопических, рентгеновских, электронно-графических и нейтронографических, электронно-парамагнитного, ферро- и антиферромагнитного резонансов, оптических и других методов. Анализ полученных закономерностей производится с привлечением достижений в области фундаментальных наук.

Физика твердого тела среди фундаментальных наук занимает вполне определенное место с четко выраженным предметом исследования и задачами. Положение физики твердого тела можно представить в центре квадрата, в вершинах которого размещаются математика, с включением в нее методов математической физики, химия, физика с электродинамикой и механикой сплошных сред, квантовая механика со статистической физикой и электродинамикой. Через эти науки происходит сближение физики твердого тела с техническими науками.

Целью настоящего учебника является систематическое изложение основ физики твердого тела, включающих общие представления о строении кристаллов и аморфных веществ, методах исследования структуры, а также различных физических свойствах: тепловых, магнитных, сверхпроводящих и др.

Одной из наиболее важных задач, стоящих в настоящее время перед учеными и специалистами, является задача создания сверхматериалов с заданными свойствами, точного предсказания их поведения в экстремальных условиях, установления ресурса работы материалов и т. д. Решение этой и других не менее важных задач, например, связанных с электронной техникой, невозможно без глубокого освоения и дальнейшего развития физики твердого тела, для чего необходима подготовка специалистов-физиков, вооруженных знаниями не только своего предмета, но и смежных наук. Непосредственное участие физиков в исследовательских и эксплуатационных работах повысит качество этих работ и будет способствовать решению важнейших задач и самой физики твердого тела и народного хозяйства.