Твёрдые тела сохраняют не только свой объём, как жидкости, но и форму. Они находятся преимущественно в кристаллическом состоянии. Кристаллы - это твёрдые тела, атомы или молекулы которых занимают определённые, упорядоченные положения в пространстве.

Поэтому кристаллы имеют плоские грани. Например, крупинка обычной поваренной соли имеет плоские грани, составляющие друг с другом прямые углы (рис. 12.1). Это можно заметить, рассматривая соль с помощью лупы. А как геометрически правильна форма снежинки! В ней также отражена геометрическая правильность внутреннего строения кристаллического твёрдого тела - льда (рис. 12.2).

Анизотропия кристаллов. Однако правильная внешняя форма не единственное и даже не самое главное следствие упорядоченного строения кристалла.

Главное следствие упорядоченного строения - это зависимость физических свойств кристалла от выбранного в кристалле направления.

Зависимость физических свойств от направления внутри кристалла называют анизотропией.

Прежде всего бросается в глаза различная механическая прочность кристаллов по разным направлениям. Например, кусок слюды легко расслаивается в одном из направлений на тонкие пластинки (рис. 12.3), но разорвать его в направлении, перпендикулярном пластинкам, гораздо труднее. Так же легко расслаивается в одном направлении кристалл графита.

Это происходит потому, что кристаллическая решётка графита имеет слоистую структуру. Слои образованы рядом параллельных сеток, состоящих из атомов углерода (рис. 12.4). Атомы располагаются в вершинах правильных шестиугольников. Расстояние между слоями сравнительно велико - примерно в 2 раза больше, чем длина стороны шестиугольника, поэтому связи между слоями менее прочны, чем связи внутри их.

Многие кристаллы по-разному проводят тепло и электрический ток в различных направлениях. От направления зависят и оптические свойства кристаллов.

Все кристаллические тела анизотропны.

Монокристаллы и поликристаллы. Кристаллическую структуру имеют металлы.

При падении света на кристалл кварца световой поток распадается на два потока, идущие в кристалле по разным направлениям. Это явление получило название двойного лучепреломления.

Если взять сравнительно большой кусок металла, то на первый взгляд его кристаллическое строение никак не проявляется ни во внешнем виде этого куска, ни в его физических свойствах. Металлы в обычном состоянии не обнаруживают анизотропии.

Дело здесь в том, что обычно металл состоит из огромного количества сросшихся друг с другом маленьких кристалликов. Под микроскопом или даже с помощью лупы их нетрудно рассмотреть, особенно на свежем изломе металла (рис. 12.5). Свойства каждого кристаллика зависят от направления, но кристаллики ориентированы по отношению друг к другу беспорядочно. В результате в объёме, значительно превышающем объём отдельных кристалликов, все направления внутри металлов равноправны и свойства металлов одинаковы по всем направлениям.

Твёрдое т ело, состоящее из большого числа маленьких кристалликов, называют поликристаллическим. Одиночные кристаллы называют монокристаллами.

В обычных условиях поликристаллическое тело образуется в результате того, что начавшийся рост многих кристаллов продолжается до тех пор, пока они не приходят в соприкосновение друг с другом, образуя единое тело.

К поликристаллам относятся не только металлы. Кусок сахара, например, также имеет поликристаллическую структуру.

Мы говорили только о трёхмерных кристаллах. В 2004 г. был получен графен - двумерный кристалл, состоящий из одиночного слоя атомов углерода и имеющий идеальную гексагональную решётку (рис. 12.6). В 30·х годах прошлого века было доказано, что двумерные кристаллы неустойчивы и легко разрушаются.

Однако графен имеет волнообразную структуру, что определяет его устойчивость. Графен обладает уникальными свойствами - он прочен, имеет высокую проводимость и прозрачен. Из него можно собрать трёхмерный кристалл графита.

Аморфные тела. Кроме твёрдых тел, имеющих кристаллическую структуру, которая характеризуется строгим по­ рядком в расположении атомов, существуют аморфные твёрдые тела.

У аморфных тел нет строгого порядка в расположении атомов. Только ближайшие атомы-соседи располагаются в некотором порядке. Но строгой повторяемости по всем направлениям одного и того же элемента структуры, которая характерна для кристаллов, в аморфных телах нет.

По расположению атомов и по их поведению аморфные тела аналогичны жидкостям. Часто одно и то же вещество может находиться как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии. Например, кварц Si0 2 может быть как в кристаллической, так и в аморфной форме (кремнезём). Кристаллическую форму кварца схематически можно представить в виде решётки из правильных шестиугольников (рис. 12.7 , а). Аморфная структура кварца также имеет вид решётки, но неправильной формы. Наряду с шестиугольниками в ней встречаются пяти- и семиугольники (рис. 12. 7, 6).

Свойства аморфных тел.

Все аморфные тела изотропны, т. е. их физические свойства одинаковы по всем направлениям.

При внешних воздействиях аморфные тела обнаруживают одновременно упругие свойства, подобно твёрдым телам, и текучесть, подобно жидкости. Так, при кратковременных воздействиях (ударах) они ведут себя как твёрдые тела и при сильном ударе раскалываются на куски. Но при очень продолжительном воздействии аморфные тела текут.

Атомы или молекулы аморфных тел, подобно молекулам жидкости, имеют определённое время «оседлой жизни» - время колебаний около положения равновесия. Но в отличие от жидкостей это время у них весьма велико.

В этом отношении аморфные тела близки к кристаллическим, так как перескоки атомов из одного положения равновесия в другое происходят сравнительно редко.

Аморфные тела при низких температурах по своим свойствам напоминают твёрдые тела. Текучестью они почти не обладают, но по мере повышения температуры постепенно размягчаются и их свойства всё более и более приближаются к свойствам жидкостей. Это происходит потому, что с ростом температуры постепенно учащаются перескоки атомов из одного положения равновесия в другое.

Определённой температуры плавления у аморфных тел, в отличие от кристаллических, нет.

Жидкие кристаллы. В природе встречаются вещества, обладающие одновременно основными свойствами кристалла и жидкости, а именно анизотропией и текучестью.

Состояние вещества, обладающего одновременно анизотропией и текучестью, называется жидкокристаллическим.

Жидкими кристаллами являются в основном органические вещества, молекулы которых имеют длинную нитевидную форму или форму плоских пластин.

Рассмотрим наиболее простой случай, когда жидкий кристалл образуется нитевидными молекулами. Эти молекулы расположены параллельно друг другу, однако беспорядочно сдвинуты, т.е. порядок, в отличие oт обычных кристаллов, существует только в одном направлении.

При тепловом движении центры этих молекул движутся хаотично, однако ориентация молекул не изменяется, и они остаются параллельны самим себе.

Строгая ориентация молекул существует не во всём объёме кристалла, а в небольших областях, называемых доменами.

На границе доменов происходит преломление и отражение света, поэтому жидкие кристаллы непрозрачны. Однако в слое жидкого кристалла, помещённом между двумя тонкими пластинами, расстояния между которыми 0,01- 0,1 мм, с параллельными углублениями 10- 100 нм, все молекулы будут параллельны и кристалл станет прозрачным. Если на какие-то участки жидкого кристалла подать электрическое напряжение, то жидкокристаллическое состояние нарушается. Эти участки становятся непрозрачными и начинают светиться, а участки без напряжения остаются тёмными.

Явление свечения жидких кристаллов используется при создании жидкокристаллических экранов телевизоров. Сам экран состоит из огромного числа элементов, и электронная схема управления таким экраном чрезвычайно сложна.

Физика твёрдого тела. Теоретические исследования приводят к получению твёрдых тел, свойства которых совершенно необычны. Получить такие тела методом проб и ошибок было бы невозможно. Создание транзисторов, о которых пойдёт речь в дальнейшем, - яркий пример того, как понимание структуры твёрдых тел привело к революции во всей радиотехнике.

Получение материалов с заданными механическими, магнитными, электрическими и другими свойствами - одно из основных направлений современной физики твёрдого тела.