

в атоме движется в результирующем, *самосогласованном* поле, к-рое возникает при сложении кулоновского поля ядра и полей остальных электронов. Приближённо можно считать, что это поле является сферически-симметричным, и пренебречь *спин-орбитальным взаимодействием* (что справедливо для не слишком тяжёлых атомов). В этом случае квантовые состояния электрона в атоме характеризуются определ. значениями  $l$ . В сферич. ядре состояния нуклона, движущегося в усреднённом поле остальных нуклонов, также характеризуются значениями  $l$  (ядерные оболочки). Даже в тех случаях, когда потенциал взаимодействия не является сферически-симметричным и, следовательно,  $O. m.$  не сохраняется (т. е. не имеет вполне определ. значения), состояния с определёнными  $l$ ,  $m$  часто используются в качестве базиса для разложения волновой ф-ции. Во мн. случаях это является эфф. методом численного решения *Шрёдингера уравнения* для потенциалов, не обладающих сферич. симметрией.

Классификация квантовых состояний частицы по значениям  $l$  встречается в теории атома, теории ядра и ядерных реакций, теории столкновений, физике элементарных частиц и др.

$O. m.$  микрочастицы (электрон, атом, ядро и т. д.) связан с её движением в пространстве. Помимо  $O. m.$ , микрочастица, как правило, обладает внутренним, или спиновым, моментом  $s$ , имеющим чисто квантовое происхождение (спин исчезает при переходе к пределу  $\hbar \rightarrow 0$  и не допускает классич. интерпретации). При наличии спина из изотропий пространства следует, что сохраняются не  $l$  и  $s$  по отдельности, а лишь полный момент  $j = l + s$  (см. *Квантовое сложение моментов*).

При этом собств. значения оператора  $\hat{j}^2$  равны  $j(j+1)\hbar^2$ . Волновая ф-ция с определ. значениями  $j^2$  и  $j_z$  может быть построена из координатной и спиновой волновых ф-ций с помощью *Клебша — Гордана коэффициентов*. Имеются *отбора правила* для переходов между состояниями с определёнными  $l$  и  $j$ , к-рые играют важную роль в теории эл.-магн. переходов в атомах и ядрах, при рассмотрении распадов элементарных частиц и т. д.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., *Квантовая механика. Нерелятивистская теория*, 4 изд., М., 1988; и х же, *Механика*, 4 изд., М., 1988; Варшавович Д. А., Москалев А. Н., Херсонский В. К., *Квантовая теория углового момента*, Л., 1975. В. С. Попов.

**ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ** — соединения, содержащие в ряду с углеродом также элементы из набора Н, N, S, Se, O, P, обладающие проводимостью  $\sigma \geq 1 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$  (низким уд. сопротивлением  $\rho$ ) и такой же температурной зависимости  $\sigma(T)$ , как и металлы (уменьшение  $\rho$  при охлаждении).  $O. п.$  называют также *синтетич. металлами*, подчёркивая этим, что электронные свойства, характерные для металлов, получены в них путём синтеза спец. органич. соединений (природные органич. соединения не обладают металлич. проводимостью, все они являются *диэлектриками*). Поиск  $O. п.$  был стимулирован идеей У. А. Литтла (W. A. Little) о возможности достижения в проводящих молекулярных цепочках *сверхпроводимости* при комнатной темп-ре ( $T = 300 \text{ К}$ ) с помощью экситонного механизма. Синтезированы органич. соединения с  $\sigma \sim 10^5 - 10^6 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$  при  $T \approx 4 \text{ К}$ . Среди них есть сверхпроводники с критич. темп-рой  $T_c \leq 10 \text{ К}$  (см. *Органические сверхпроводники*). Важной задачей является создание  $O. п.$ , способных конкурировать с обычными металлами, используемыми в электронике и электротехнике.

Существующие  $O. п.$  можно разделить по структуре на два типа — кристаллы с переносом заряда и *полимеры*. Первые содержат плоские органич. молекулы с сопряжёнными связями. Молекулы играют роль доноров или акцепторов. Металлич. поведение обнаружено в кристаллах, содержащих одну из следующих четырёх молекул: молекулу тетрааниодиметана (TCNQ), являющегося акцептором; молекулы тетраселенотетрацена (TSeT), тетраметилтетраселенофульва-

лена (TMTSF) или бис-этилендитиолотетрафюльвалена (BEDT — TTF). Последние являются донорами. Перенос заряда осуществляется между этими молекулами и атомами ( $K^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Cl^-$ ), группами атомов ( $SCN^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $PF_6^-$ ,  $I_3^-$ ,  $AuI_2^-$ ) или плоскими органическими молекулами с сопряжёнными связями (хинодиметан  $Qn$ , тетрафюльвален TTF) (рис. 1).

В кристаллах хорошо проводящих солей с переносом заряда плоские молекулы упакованы так, что ионы одного знака образуют стопки, чередующиеся со стопками или цепочками ионов противоположного знака. Орбитали  $\pi$ -электронов сопряжённых связей плоских молекул вытянуты в виде восьмёрки перпендикулярно плоскости молекул (см. *Молекулярная орбиталь*). Они обеспечивают достаточно хорошее перекрытие электронных волновых ф-ций соседних молекул в стопке. Поэтому  $\pi$ -электроны плоских молекул делокализованы не только внутри молекулы, но и вдоль стопки. В нейтральном состоянии донорные или акцепторные молекулы содержат чётное число  $\pi$ -электронов, но при образовании кристалла число электронов в их  $\pi$ -обо-

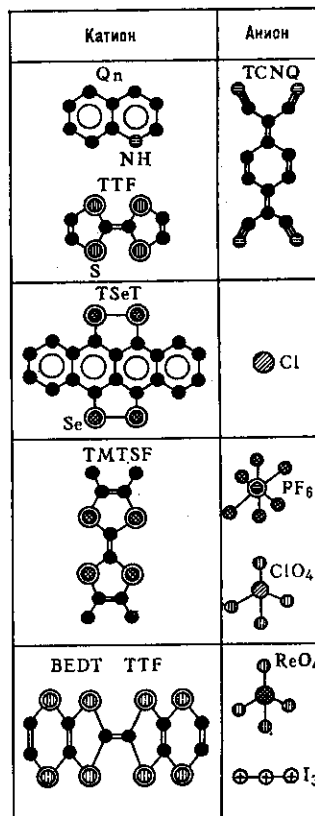


Рис. 1. Молекулы, используемые при синтезе органических проводников и сверхпроводников; чёрный кружок — СН.

лочке изменяется и зона  $\pi$ -электронов в стопке оказывается заполненной частично. Т. о., реализуются два условия, необходимые для металлич. поведения электронов: частичное заполнение зоны  $\pi$ -электронов и их делокализация, по меньшей мере вдоль цепочки (рис. 2, а).

Эти условия, однако, не всегда достаточны для металлич. поведения электронов при всех темп-рах. Системы с одномерным движением электронов перехо-

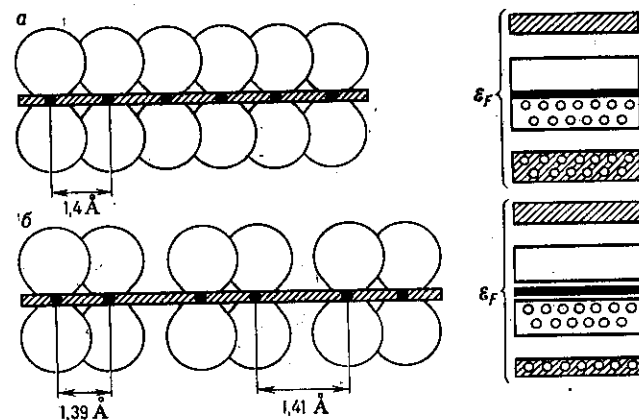


Рис. 2. а — Распределение электронной плотности  $\pi$ -орбиталей в гипотетической одномерной цепочке (слева) и энергетический спектр  $\pi$ -электронов (справа); заштрихованы  $\sigma$ -связи (вид сбоку) и соответствующие энергетические зоны; б — то же при  $T < T_p$ .