**Принцип Aufbau**

Электроны в атоме заполняют сначала самые низкие орбиты, а затем более высокие.

Атом водорода устроен достаточно просто: один электрон вращается по орбите вокруг ядра, состоящего из одного протона. Принцип Aufbau (от немецкого Aufbau — «строительство, сборка») помогает нам понять, как изменяется атомная структура при переходе от простейшего атома водорода к все более сложным атомам. Он исходит из двух предпосылок — из квантовой механики, которая объясняет, как функционируют электронные оболочки, расположенные вокруг ядра, и из принципа запрета Паули, согласно которому два электрона не могут находиться в одном состоянии. Из этого следует, что количество электронов, которые могут располагаться на одной электронной оболочке атома, ограничено .

Принцип Aufbau работает примерно так: представим, что мы создаем атомные структуры — начиная с водорода мы раз за разом добавляем к ядру по одному протону (и соответствующее количество нейтронов), получая атомы большего размера. Каждый раз, когда мы добавляем к ядру положительно заряженный протон, необходимо добавить и дополнительный электрон. По мере перехода от маленьких атомов к большим свободные места на электронной орбитали заполняются, и мы вынуждены помещать очередной электрон на первую позицию в следующей доступной орбитали (см. Атом Бора). Что-то похожее мы наблюдаем, когда каменщик, строя стену, кирпич за кирпичом выкладывает один ряд и начинает следующий.

Принцип Aufbau непосредственно вытекает из принципа запрета Паули, согласно которому два электрона в атоме не могут находиться в одинаковом состоянии, — хотя эта связь не всегда была очевидна. То есть электроны на атомных орбиталях чем-то напоминают автомобили на парковке — если место уже занято, надо найти себе другое, свободное, место. Точно так же, когда мы строим сложный атом, если места на низших орбитах уже заняты, электроны могут занять место только на более высокой орбите.

Чтобы понять, как работает принцип Aufbau, необходимо знать еще одну вещь — что электроны обладают спином. Представьте, что электроны вращаются вокруг своей оси так же, как Земля вращается вокруг оси, проходящей через ее полюса. При этом электроны часто образуют пары — один вращается по часовой стрелке, другой против.

На следующем уровне сложности после атома водорода находится атом гелия, который в нормальном состоянии имеет в ядре два протона и два нейтрона. Этот второй электрон, который нам нужно добавить, чтобы получить атом гелия, мы можем поместить на ту же орбиталь, что и первый — для этого нам просто нужно придать ему противоположный спин; при этом два электрона будут спарены. Итак, в соответствии с принципом Aufbau, оба электрона в атоме гелия находятся на низшей доступной орбитали, но имеют противоположные спины. Это утверждение было подтверждено экспериментально.

Следующий элемент, литий, имеет в своем ядре три протона (и обычно четыре нейтрона), значит, в его атом должно быть три электрона. Однако низшая электронная оболочка уже заполнена, поэтому дополнительный электрон должен занять место на один уровень выше. У бериллия (четыре протона) дополнительный электрон будет спарен с третьим электроном, — тем самым, который участвовал в образовании лития.

Так мы можем продолжать заполнять вторую оболочку, где есть место для четырех пар электронов. (Элемент с десятью электронами, двумя на низшем уровне и восемью на следующем уровне, — неон.) Теперь можно перейти на третий электронный уровень. Атом с одним электроном на этом уровне — натрий, а когда уровень заполнится, мы получим атом аргона. После этого, в соответствии с положениями квантовой механики, орбитали становятся несколько сложнее — на третьей оболочке, например, могут располагаться девять пар электронов, а на четвертой и на высших уровнях еще больше. Тем не менее выполняется все тот же основной принцип. На каждой оболочке есть место только для определенного количества электронных пар, и как только уровень заполняется, принцип Aufbau говорит нам, что надо передвигаться на следующий.

Принцип Aufbau также объясняет регулярность химических свойств элементов, открытую Дмитрием Менделеевым и упорядоченную им в его периодической системе.