

Примеры решения задач по теме «Строение атома»

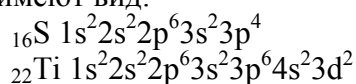
Строение электронных оболочек атомов.

Пример 1. Какой подуровень будет заполняться в атоме электронами после заполнения подуровня $4p$?

Решение. Порядок заполнения электронами атомных орбиталей (АО) определяется правилами Клечковского. Согласно этим правилам, АО заполняются электронами в порядке последовательного увеличения суммы $n + l$ (главного и орбитального квантовых чисел), а при одинаковых значениях этой суммы – в порядке последовательного возрастания главного квантового числа n . Подуровню $4p$ отвечает сумма $n + l$, равная $4 + 1 = 5$. Такой же суммой $n + l$ характеризуются подуровни $3d$ ($3 + 2 = 5$) и $5s$ ($5 + 0 = 5$). Однако состоянию $3d$ отвечает меньшее значение n ($n = 3$), чем состоянию $4p$; поэтому подуровень $3d$ будет заполняться раньше, чем подуровень $4p$. После заполнения подуровня $4p$ будет заполняться подуровень $5s$, которому отвечает на единицу большее значение n ($n = 5$).

Пример 2. Составьте электронные и электронно-графические формулы атомов элементов с порядковыми номерами 16 и 22.

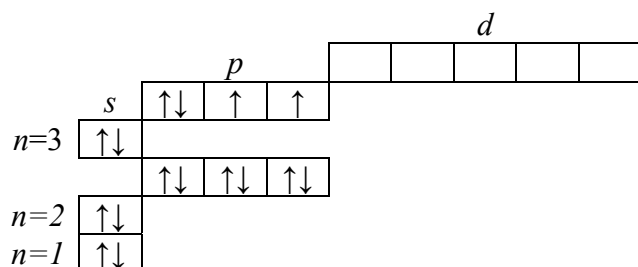
Решение. Порядковым номерам 16 и 22 в Периодической системе Д. И. Менделеева соответствуют элементы сера ${}_{16}\text{S}$ и титан ${}_{22}\text{Ti}$. Так как порядковый номер элемента равен числу электронов в атоме этого элемента, то для серы $Z = 16$, титана $Z = 22$. Электронные формулы этих элементов имеют вид:



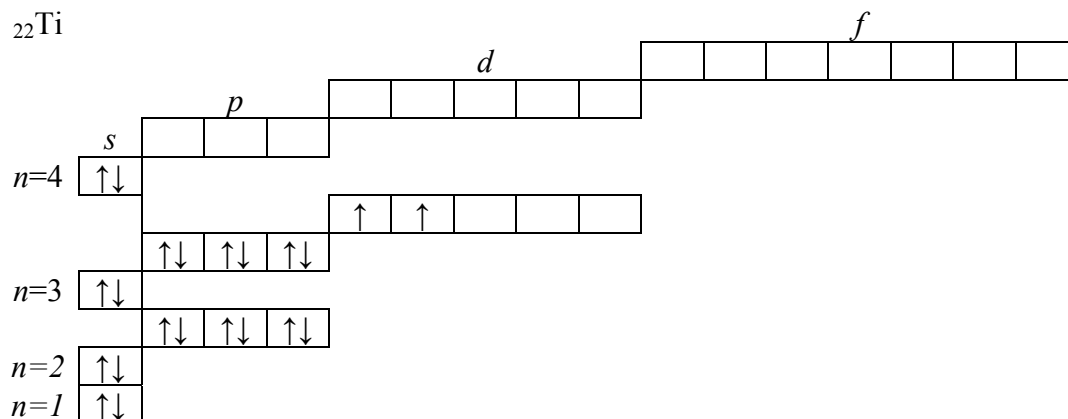
Порядок заполнения атомных орбиталей определен в соответствии с правилами Клечковского, рассмотренными в примере 1.

Электронно-графические формулы этих атомов:

${}_{16}\text{S}$



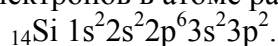
${}_{22}\text{Ti}$



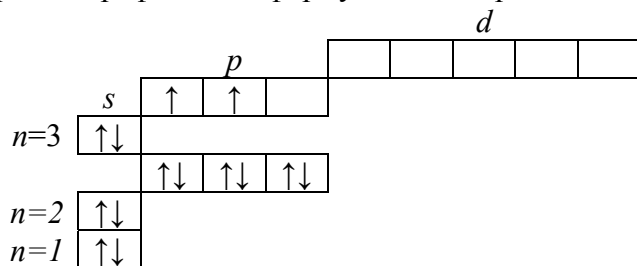
Валентными орбиталями в атоме являются орбитали внешнего электронного слоя и незаполненные d -орбитали предшествующего электронного слоя. Размещение электронов на них должно производиться в соответствии с правилом Хунда: минимальной энергии атома соответствует такое распределение электронов по АО данного подуровня, при котором абсолютное значение суммарного спина атома максимально.

Пример 3. Составьте электронную и электронно-графическую формулы атома кремния в нормальном и возбужденном состояниях.

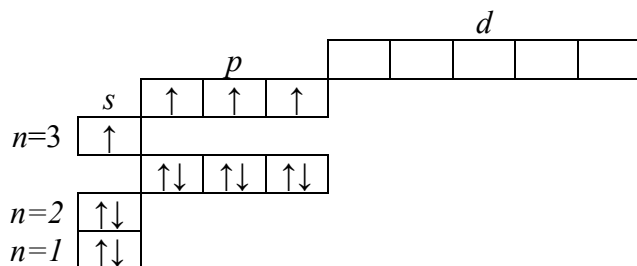
Решение. Порядковый номер атома кремния в Периодической системе равен 14, следовательно число электронов в атоме равно 14, и электронная формула имеет вид:



Электронно-графическая формула атома кремния ${}_{14}\text{Si}$

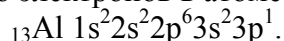


При затрате некоторой энергии один из $3s$ -электронов атома кремния может быть переведен на вакантную $3p$ -орбиталь; при этом энергия атома возрастает, так как возникающая электронная конфигурация ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3$) соответствует возбужденному состоянию атома кремния ${}_{14}\text{Si}^*$



Пример 4. Какие значения могут принимать квантовые числа n , l , m_l , m_s , характеризующие состояние валентных электронов в атоме алюминия?

Решение. Порядковый номер атома алюминия в Периодической системе равен 13, следовательно число электронов в атоме равно 13, и электронная формула имеет вид:



Валентные электроны атома размещаются на внешнем электронном уровне, следовательно, валентные электроны алюминия - $3s^2 3p^1$. Определим значения квантовых чисел, для валентных электронов, расположенных на $3s$ -подуровне: значение главного квантового числа n , обозначающего номер уровня, где расположены валентные электроны, равно 3 (алюминий элемент третьего периода); для электронов, расположенных на s -подуровне, значение орбитального квантового числа l , определяющего форму электронной орбитали, всегда равно 0 (для орбиталей данного энергетического уровня число l принимает значения целых чисел от 0 до $n-1$); значение магнитного квантового числа m_l , характеризующее направление орбиталей в пространстве, также равно 0 (число значений m_l определяет число орбиталей на подуровне и принимает значения целых чисел от $-l$ через 0 до $+l$); поскольку на $3s$ -подуровне находятся два электрона, то значений спинового квантового числа m_s тоже будет два: $+1/2$ и $-1/2$ (спинное квантовое число характеризует собственный момент движения электрона и принимает всегда только два значения $+1/2$ и $-1/2$). Ответ оформим в виде таблицы, вторая строка соответствует значениям квантовых чисел для электронов, расположенных на $3p$ -подуровне.

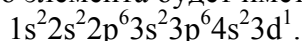
Валентные электроны	Квантовые числа			
	n	l	m_l	m_s
$3s^2$	3	0	0	$+1/2, -1/2$
$3p^1$	3	1	-1, 0, +1	$+1/2$

Пример 5. Определите положение элемента в периодической системе (период, группа, подгруппа) по электронной формуле: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$.

Решение. Судя по электронной формуле, в атоме элемента три электронных слоя, значит элемент находится в **III периоде**. Последним в атоме заполняется s -подуровень, следовательно, это элемент **главной подгруппы**. На внешнем электронном слое атома находятся два электрона, поэтому это элемент II группы – *магний* Mg.

Пример 6. Напишите электронную формулу элемента, атом которого содержит на $3d$ -подуровне один электрон. В каком периоде, группе и подгруппе он находится и как этот элемент называется?

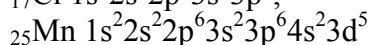
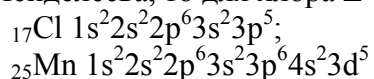
Решение. Атомные орбитали в атоме заполняются в порядке последовательного возрастания их энергии в соответствии с правилами Клечковского (см. пример1). Исходя из этого, $3d$ -подуровень заполняется после заполнения подуровня $4s^2$. Следовательно, электронная формула искомого элемента будет иметь вид:



Общее число электронов в атоме, которое определяет порядковый номер элемента в периодической системе равно 21 (сумма всех верхних индексов в электронной формуле). Данному порядковому номеру соответствует элемент скандий. Из электронной формулы видно, что этот элемент находится в четвертом периоде (максимальное значение главного квантового числа равно 4 - $4s$), третьей группе (три валентных электрона $4s^2 3d^1$), побочной подгруппе (последний электрон размещается на $3d$ -подуровне, элемент d -семейства).

Пример 7. На каком основании хлор и марганец помещают в одной группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева? Почему их помещают в разных подгруппах?

Решение. Так как число электронов в атоме элемента равно его порядковому номеру в таблице Д.И. Менделеева, то для хлора $Z = 17$, марганца $Z = 25$. Электронные формулы имеют вид:



Валентными орбиталями в атоме являются орбитали внешнего электронного слоя и незаполненные d -орбитали предшествующего электронного слоя. Валентные электроны хлора - $3s^2 3p^5$, а марганца - $4s^2 3d^5$. Таким образом, эти элементы не являются электронными аналогами и не должны размещаться в одной и той же подгруппе. Но на валентных орбиталях атомов этих элементов находится одинаковое число электронов - 7. Поэтому оба элемента помещают в одну и ту же группу периодической системы Д. И. Менделеева.