

§ 48. Степень окисления

При образовании химической связи валентные электроны в большинстве случаев смещаются от одного атома к другому. При этом атомы приобретают частичный положительный заряд $\delta+$ и частичный отрицательный заряд $\delta-$. Для характеристики такого состояния атомов в химических соединениях условились эти заряды считать не частичными, а целыми. Чтобы не путать такой условный заряд с реальным, его назвали степенью окисления.

При определении степени окисления атомов в веществе допускают, что все электроны, участвующие в образовании химических связей, полностью смещаются к атомам более электроотрицательного элемента и, следовательно, что вещество состоит из положительно и отрицательно заряженных ионов.

Степень окисления — это условный заряд атома в химическом соединении, если предполагать, что оно состоит из ионов.

Эта характеристика может иметь положительное, отрицательное и нулевое значение. Его записывают со знаком плюс или минус перед арабской цифрой над символом элемента. Например, запись



означает, что степень окисления атомов меди в данном соединении равна +2, а хлора — -1.

Степень окисления является положительной у атомов, которые отдают свои электроны другим атомам. Например, только положительные степени окисления характерны для атомов металлов во всех сложных веществах. Щелочные металлы (**Li, Na, K, Rb, Cs, Fr**) всегда имеют постоянную степень окисления +1. Элементы IIА-группы во всех своих соединениях проявляют постоянную степень окисления +2, а алюминий — +3.

Степень окисления водорода в соединениях с неметаллами в большинстве случаев равна +1.

Отрицательные степени окисления имеют атомы, которые принимают электроны от других атомов. Например, фтор в соединениях всегда проявляет степень окисления -1, а степень окисления кислорода в большинстве соединений равна -2.

В бинарных ионных соединениях степени окисления ионов численно равны величинам их зарядов. Например, в хлориде натрия **NaCl** заряд

иона натрия равен $1+$ и степень окисления $+1$. Заряд иона хлора $1-$ и степень окисления хлора -1 :



Для определения степени окисления атомов в соединениях с ковалентной полярной связью допускают, что общие электронные пары полностью смещаются к атомам элементов с большей электроотрицательностью. Например, в молекуле хлороводорода HCl хлор является более электроотрицательным элементом, и поэтому степень окисления его атомов равна -1 , а степень окисления атомов водорода — $+1$:



В простых веществах степени окисления атомов равны нулю, так как общие электронные пары не смещены и располагаются симметрично между атомами, например $\overset{0}{\text{O}}_2$, $\overset{0}{\text{H}}_2$, $\overset{0}{\text{N}}_2$, $\overset{0}{\text{P}}_4$ и т. д.

При вычислении степеней окисления следует помнить, что любое вещество является электронейтральным, поэтому алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов в веществе равна нулю.

Для определения степени окисления атомов в сложном веществе необходимо сделать следующее:

1. Записать формулу соединения, например:



2. Над символом элемента с постоянной степенью окисления записать ее значение:



3. Вычислить неизвестную степень окисления атомов другого элемента в соответствии с тем, что алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов равна нулю:

$$2 \cdot (+3) + 3 \cdot x = 0, \text{ откуда } x = -2.$$

Пример 1. Определить степень окисления атомов железа (x) в его оксиде $\overset{x}{\text{Fe}}_2\overset{-2}{\text{O}}_3$:

$$2 \cdot x + 3 \cdot (-2) = 0, \text{ откуда } x = +3.$$

Пример 2. Определить степень окисления атомов серы (x) в серной кислоте $\overset{+1}{\text{H}}_2\overset{x}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4$:

$$2 \cdot (+1) + x + 4 \cdot (-2) = 0, \text{ откуда } x = +6.$$

Пример 3. *Определить степень окисления атомов фосфора (x) в фосфате кальция $\text{Ca}_3(\overset{+2}{\text{P}}\overset{-2}{\text{O}_4})_2$:*

$$3 \cdot (+2) + 2 \cdot x + 8 \cdot (-2) = 0, \text{ откуда } x = +5.$$

Атомы многих элементов могут иметь несколько значений степеней окисления. Например, сера в соединениях H_2S , SO_2 , SO_3 проявляет степени окисления, равные соответственно -2 , $+4$ и $+6$. Степени окисления атомов азота в соединениях HNO_3 , NO_2 , HNO_2 , NO , N_2O , NH_3 равны соответственно $+5$, $+4$, $+3$, $+2$, $+1$, -3 .

Как правило, высшая положительная степень окисления атомов металла или неметалла численно равна номеру группы, в которой он располагается в периодической системе.

Низшая отрицательная степень окисления атомов неметаллов (элементов IVA–VIIA-групп) численно равна разности:

$$\text{№ группы} - 8.$$

Поэтому, например, у атомов серы (элемента VIA-группы) высшая положительная степень окисления равна $+6$, а низшая -2 . У атомов азота (элемента VA-группы) высшая положительная степень окисления равна $+5$, а низшая — -3 .

У металлов низшая степень окисления равна 0 , так как атомы этих элементов не могут присоединять электроны и проявлять отрицательные степени окисления.

Если атомы какого-нибудь элемента проявляют несколько положительных степеней окисления, то они обычно указываются в конце названий соединений римской цифрой в скобках: $\text{Fe}(\text{OH})_3$ — гидроксид железа(III) и $\text{Fe}(\text{OH})_2$ — гидроксид железа(II).

Степень окисления — это условный заряд атома в химическом соединении, если предполагать, что оно состоит из ионов.

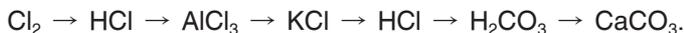
Степень окисления элемента характеризует состояние его атомов в веществе.

Степень окисления элемента может принимать целочисленные положительные или отрицательные значения, а также быть равной нулю.

Алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов в сложном веществе равна нулю.

Вопросы и задания

1. Сформулируйте определение степени окисления.
2. Как вы думаете, почему степени окисления атомов элементов в простых веществах принимают равными нулю?
3. Определите степени окисления атомов элементов в химических соединениях: CaCl_2 , MnO_2 , MgBr_2 , H_2S , Na_3PO_4 , KMnO_4 , CaSiO_3 .
4. Укажите значения высшей и низшей степени окисления атомов следующих элементов: Mg, P, Br, Al, Si, Na, C, Se. Напишите формулы высших оксидов этих элементов.
5. Расположите соединения хлора в порядке увеличения степени окисления его атомов: а) Cl_2 ; б) Cl_2O ; в) HCl ; г) ClO_2 ; д) Cl_2O_7 .
6. Составьте формулу соединения кальция с азотом, если степень окисления атомов азота равна -3 . Рассчитайте массу кальция и объем (н. у.) азота, при взаимодействии которых образуется продукт реакции массой 29,6 г.
7. Составьте формулы следующих соединений: сульфида магния, фторида серы(VI), оксида серы(IV), оксида серы(VI). Какие степени окисления проявляют атомы серы в этих соединениях?
8. Составьте формулы шести солей, образованных ионами металлов Ba^{2+} , Fe^{3+} и ионами кислотных остатков NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Назовите эти соединения и укажите степени окисления атомов всех элементов, входящих в их состав.
9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

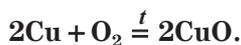


Готовимся к олимпиадам

1. Определите степени окисления атомов всех элементов в следующих веществах: медный купорос, перманганат калия, гидрофосфат натрия, хлорид аммония, пероксид натрия, тетрагидроксоцинкат кальция.

§ 49. Процессы окисления и восстановления

Нагреем небольшую медную пластинку в пламени спиртовки. Через некоторое время на ее поверхности образуется черный налет оксида меди(II) CuO (рис. 69):



Оксиды образуются при взаимодействии с кислородом

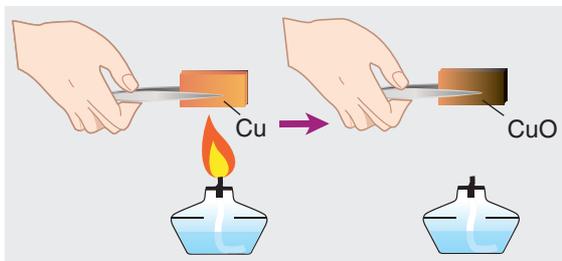


Рис. 69. Образование оксида меди(II) на медной пластинке