

Ступінь окиснення.

Визначення ступеня окиснення елемента за хімічною формулою сполуки. Складання формули сполуки за відомими ступенями окиснення елементів



Поняття про ступінь окиснення

- Ступінь окиснення — це умовний заряд атома в молекулі або кристалі, який би виник на ньому, коли б усі полярні зв'язки, утворені ним, мали йонний характер.
- Ступінь окиснення визначається числом умовно відданих або прийнятих електронів.
- Якщо електрони віддані — атом набуває позитивного ступеня окиснення.
- Якщо електрони прийняті — атом набуває негативного ступеня окиснення.
- Ступінь окиснення позначається арабською цифрою зі знаком «+» або «-» над символом елемента.
- Вищій ступінь окиснення елемента в більшості випадків дорівнює номеру групи в ПС, де він розміщений.

СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ І ВАЛЕНТНІСТЬ

- **Ступінь окиснення** — поняття, що характеризує стан елемента в хімічній сполуці та його поведінку в окисно-відновних процесах.

Це умовний заряд, величина якого розраховується виходячи з припущення, що всі електрони, які утворюють хімічний зв'язок, повністю переходять до більш електронегативного елемента.

- **Валентність** — характеристика здатності атома утворювати хімічні зв'язки.

Визначається числом зв'язків, які утворюють даний атом з іншими атомами в молекулі.

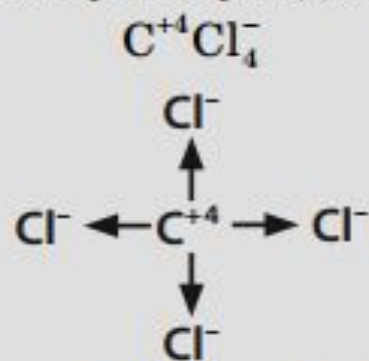
Валентність

Визначається числом зв'язків, які утворює даний атом з іншими атомами в молекулі

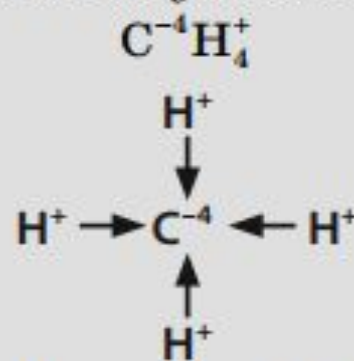
Ступінь окиснення

Умовний заряд, величина якого розраховується виходячи з припущення, що всі електрони, які утворюють хімічний зв'язок, повністю переходять до більш електронегативного елемента

Приклади, що переконують у відмінності понять *валентність* і *ступінь окиснення*:



ступінь окиснення = +4
валентність = 4 (4 зв'язки)



ступінь окиснення = -4
валентність = 4 (4 зв'язки)

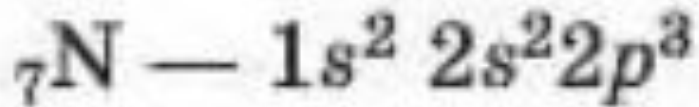
У даних прикладах Карбон має валентність, що дорівнює чотирьом, а ступінь його окиснення різний (стрілками показано зсув електронної густини у бік більш електронегативного елемента). Таким чином, за однакових значень валентності елемент може мати різний ступінь окиснення — як за знаком, так і за значенням:

$\text{H}_2^{+1}\text{O}^{-2}$ (ступінь окиснення Оксигену = -2) и $\text{H}_2^{+1}\text{O}_2^{-1}$ (ступінь окиснення Оксигену = -1)

СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ І ВАЛЕНТНІСТЬ

(на прикладі n_2)

- Електронна формула атома нітрогену:



- На зовнішньому енергетичному рівні 5 електронів,
Три із яких неспарені.



- У молекулі азоту n_2 нітроген утворює три ковалентні зв'язки
Його валентність дорівнює трьом.



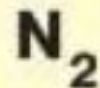
- зміщення спільних електронних пар не відбувається, вони рівновіддалені від ядер обох атомів
- Тому ступінь окиснення нітрогену нульовий, а тоді як обидва атоми – тривалентні.




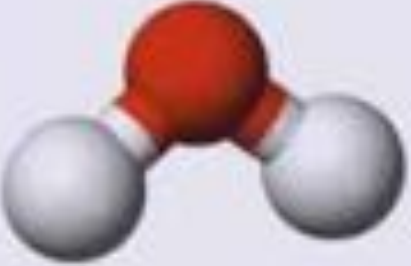
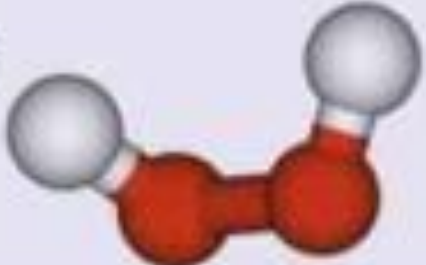
валентність — III



0 — ступінь окиснення



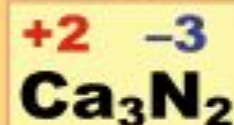
Значення валентності й ступенів окиснення хімічних елементів у деяких речовинах

Формула речовини	Хімічний елемент	Валентність	Ступінь окиснення
O_2 	Оксиген	II	0
H_2O 	Оксиген	II	-2
	Гідроген	I	+1
H_2O_2 	Оксиген	II	-1
	Гідроген	I	+1

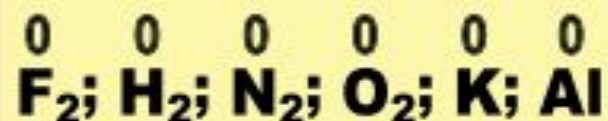
Правила визначення ступеня окиснення

Правила	Приклади речовин
1. Сума ступенів окиснення всіх атомів, що входять до молекули, дорівнює нулю	$\text{Cu}^{+2}\text{Cl}_2^{-1}$
2. Вільні елементи мають ступінь окиснення 0	$\text{I}_2^0; \text{K}^0$
3. Елементи в сполуках мають такий ступінь окиснення:	
— Ступінь окиснення металів дорівнює їх валентності (усі метали мають позитивний ступінь окиснення)	$\text{Na}_2^{+1}\text{O}^{-2}; \text{Ca}_3^{+2}\text{N}_2^{-3}$
— Гідроген має ступінь окиснення +1 (винятком є сполуки з металами, де його ступінь окиснення -1)	H^+Br^- $\text{Ca}^{+2}\text{H}_2^-$ (виняток)
— Оксиген має характерний ступінь окиснення -2 (виключення становлять пероксиди, у яких ступінь окиснення оксисену -1)	$\text{Ba}^{+2}\text{O}^{-2}$ $\text{K}_2^{+1}\text{O}_2^{-1}$ (виняток)
— Флуор має лише негативний ступінь окиснення	$\text{H}^{+1}\text{F}^{-1}; \text{Ca}^{+2}\text{F}_2^{-1}$
4. Ступінь окиснення простих йонів дорівнює їхньому електронному заряду	$\text{Na}^{+1}\text{Br}^{-1}$

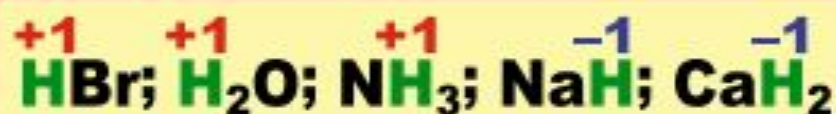
Ступені окиснення позначають у формулах речовин над символами хімічних елементів:



Ступінь окиснення може мати не лише додатне чи від'ємне значення. У простих речовинах ступінь окиснення атомів дорівнює нулю:



Ступінь окиснення Гідрогену в сполуках з неметалічними елементами зазвичай дорівнює +1, а з металічними - -1:



Флуор в усіх сполуках з іншими елементами має ступінь окиснення -1:



Оксиген в усіх сполуках з іншими елементами (за винятком сполук з Флуором та тих, де атоми Оксигену сполучені між собою, наприклад у гідроген пероксиді Н-О-О-Н) має ступінь окиснення -2:



Можливі ступені окиснення елементів

Металічні елементи

- вищий ступінь окиснення = максимальне число втрачених електронів = номер групи
- нижчий ступінь окиснення = 0

Неметалічні елементи

- вищий ступінь окиснення = максимальне число втрачених електронів = номер групи
- нижчий ступінь окиснення = максимальне число прийнятих електронів = номер групи мінус 8

Найбільш характерні ступені окиснення *s*- та *p*-елементів

Група ІС	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вищий ступінь окиснення	+1	+2	+3	+4	+5	+6 (крім O)	+7 (крім F)
Проміжний ступінь окиснення	—	—	—	+2, 0	+3, 0	+4, +2, 0	+5, +3, +1, 0
Нижчий ступінь окиснення	0	0	0	-4	-3	-2	-1

МОЖЛИВІ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ДЕЯКИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

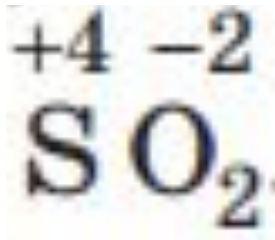
Хімічний елемент	Значення ступеня окиснення	Хімічний елемент	Значення ступеня окиснення
Ag	0; +1	Fe	0; +2; +3; +6
Al	0; +3	H	-1; 0; +1
As	-3; 0; +3; +5	J	-1; 0; +1; +3; +5; +7
Au	0; +1; +3	K	0; +1
B	-3; 0; +3	Li	0; +1
Ba	0; +2	Mg	0; +2
Be	0; +2	Mn	0; +2; +3; +4; +6; +7
Bi	0; +3; +5	N	-3; -2; 0; +1; +2; +3; +4; +5
Br	-1; 0; +1; +5; +7	Na	0; +1
C	-4; -1; 0; +2; +4	P	-3; 0; +3; +5
Ca	0; +2	Pb	0; +2; +4
Cl	-1; 0; +1; +3; +4; +5; +6; +7	S	-2; 0; +4; +6
Cr	0; +2; +3; +6	Si	-4; 0; +2; +4
Cu	-2; 0; +1; +2	Sn	0; +2; +4
F	-1; 0	Zn	0; +2

Деякі хімічні елементи не підпадають під ці правила.
Серед них Гідроген, Оксиген, Флуор:



Визначення ступенів окиснення в бінарних сполуках

- Для визначення ступенів окиснення у сполуках недостатньо знати можливі ступені окиснення елементів.
- Для цього слід користуватися певними правилами. Насамперед, принципом електронейтральності:
оскільки будь-яка речовина є електронейтральною, то сума ступенів окиснення атомів усіх елементів, з яких складається речовина, має дорівнювати нулю.
- Наприклад, визначимо ступені окиснення елементів у сульфур(IV) оксиді SO_2 . В оксидах ступінь окиснення Оксигену завжди дорівнює -2 . Отже, для того щоб нейтралізувати заряд на двох атомах Оксигену, в Сульфурі ступінь окиснення має бути $+4$:



Алгоритм визначення ступеня окиснення елементів у бінарних сполуках

1. Записуємо формули сполук	P_2S_5	Ca_3P_2
2. Визначаємо найбільш електронегативний елемент	Сульфур	Фосфор
3. Визначаємо знаки зарядів на елементах: на атомах більш електронегативного елемента — негативний, на іншому — позитивний	$\begin{matrix} +x & -x \\ P_2 & S_5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +x & -x \\ Ca_3 & P_2 \end{matrix}$
4. Визначаємо негативний ступінь окиснення елементів (табл. 7)	Сульфур: -2	Фосфор: -3
5. Обчислюємо сумарний негативний заряд на всіх електронегативних атомах	На атомах Сульфуру: $-2 \cdot 5 = -10$	На атомах Фосфору: $-3 \cdot 2 = -6$
6. Атоми з позитивним ступенем окиснення мають повністю нейтралізувати негативний заряд. Визначаємо ступінь окиснення позитивних атомів, поділивши сумарний позитивний заряд на число позитивних атомів	На атомах Фосфору: $+10 : 2 = +5$	На атомах Кальцію: $+6 : 3 = +2$
7. Записуємо значення ступенів окиснення	$\begin{matrix} +5 & -2 \\ P_2 & S_5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2 & -3 \\ Ca_3 & P_2 \end{matrix}$

Визначення ступенів окиснення в кислотах, гідроксидах та солях

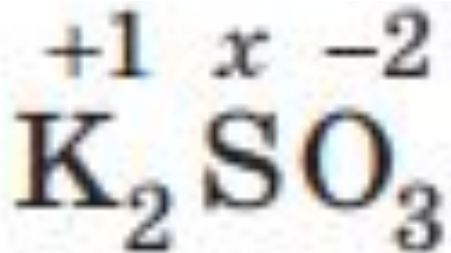
- Для сполук, утворених більше ніж двома хімічними елементами, принцип електронейтральності також є основним.
- підхід для визначення ступенів окиснення такий самий, як і для бінарних сполук.
- Також слід пам'ятати, що в переважній більшості сполук ступінь окиснення **Оксигену** дорівнює **-2**, а **Гідрогену** — **+1**.

Алгоритм визначення ступенів окиснення елементів у кислотах та гідроксидах

1. Записуємо формули речовин	H_2SO_4	$\text{Cr}(\text{OH})_3$
2. Підписуємо ступені окиснення Оксигену та Гідрогену	$\begin{matrix} +1 & x & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} x & -2 & +1 \\ \text{Cr} & (\text{O} & \text{H})_3 \end{matrix}$
3. Складаємо рівняння для обчислення невідомого заряду. Слід пам'ятати, що ступінь окиснення — це заряд на одному атомі. Якщо атомів певного елемента більше одного, то його заряд слід помножити на число атомів	$2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) = 0$ <p>Після спрощення: $2 + x - 8 = 0$</p>	$1 \cdot (x) + 3 \cdot (-2) + 3 \cdot (+1) = 0$ <p>Після спрощення: $x - 6 + 3 = 0$</p>
4. Розв'язуємо складене рівняння	$x = +6$	$x = +3$
5. Підписуємо визначений ступінь окиснення	$\begin{matrix} +1 & +6 & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -2 & +1 \\ \text{Cr} & (\text{O} & \text{H})_3 \end{matrix}$

Приклад:

- Розглянемо, як визначити ступені окиснення трьох елементів, на прикладі калій сульфіту K_2SO_3 .
- Ступінь окиснення **Калію** у сполуках може бути тільки **+1**, а **Оксигену** — **-2**:



- Оскільки сума зарядів має дорівнювати нулю, то обчислимо ступінь окиснення Сульфуру, розв'язавши рівняння:
 $2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 3 \cdot (-2) = 0$, звідки $x = +4$

Складання формул сполук за ступенем окиснення елементів

- Використовуючи ступені окиснення, складати формули бінарних сполук простіше, ніж за валентністю.
- Складаючи формули, слід керуватися правилом електронейтральності:
- оскільки будь-яка речовина є електронейтральною, то сума ступенів окиснення атомів усіх елементів, з яких складається речовина, має дорівнювати нулю.

Алгоритм складання формул сполук за відомими ступенями окиснення елементів

1. Записуємо символи елементів у необхідному порядку та надписуємо їхні ступені окиснення	$\begin{matrix} +6 & -2 \\ \text{S} & \text{O} \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -1 \\ \text{P} & \text{Cl} \end{matrix}$
2. Визначаємо найменше спільне кратне (НСК) для значень ступенів окиснення (на знак не звертаємо уваги)	$\begin{matrix} \text{НСК} \\ (6 \text{ i } 2) = 6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{НСК} \\ (3 \text{ i } 1) = 3 \end{matrix}$
3. Число атомів певного елемента дорівнює відношенню НСК до ступеня окиснення цього елемента	$\begin{matrix} 6 : 6 = 1 \text{ (S)} \\ 6 : 2 = 3 \text{ (O)} \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3 : 3 = 1 \text{ (Fe)} \\ 3 : 1 = 3 \text{ (Cl)} \end{matrix}$
4. Записуємо індекси після символів елементів	$\begin{matrix} +6 & -2 \\ \text{S} & \text{O}_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -1 \\ \text{P} & \text{Cl}_3 \end{matrix}$

Приклади

Приклад 1.

Визначити ступінь окиснення Сульфуру в сульфатній кислоті H_2SO_4 .

Розв'язання

Записуємо алгебраїчне рівняння суми ступенів окиснення атомів елементів у цій сполуці H_2SO_4 :

$$\begin{aligned}2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) &= 0 \\2 + x - 8 &= 0 \\x &= 6\end{aligned}$$

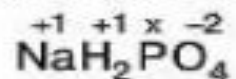
Відповідь: H_2SO_4 .

Приклад 2.

Визначити ступінь окиснення Фосфору в натрій дигідрогенфосфаті NaH_2PO_4 .

Розв'язання

1. Записуємо у формулі NaH_2PO_4 над символами хімічних елементів відомі ступені окиснення, а невідомий позначаємо x :



2. Записуємо алгебраїчне рівняння суми ступенів окиснення атомів елементів у формулі NaH_2PO_4 :

$$\begin{aligned}1 \cdot (+1) + 2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) &= 0 \\1 + 2 + x - 8 &= 0 \\x &= 5\end{aligned}$$

Відповідь: NaH_2PO_4 .

Узагальнення

- 1. складіть формули сполук за ступенями окиснення елементів:
а) бром(I) оксид; б) манган(II) оксид; в) станум(IV) оксид; г) ферум(іІІ) оксид.
- 2. визначте ступені окиснення всіх елементів у сполуках:

а) CrCl_3 , KClO_3 , BaCl_2 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, HClO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Fe_2O_3 , NaOH ;

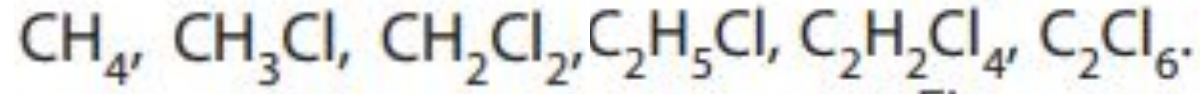
б) $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, H_2CO_3 , HNO_3 , H_2S , H_3PO_4 , HClO , H_2SO_4 ;

в) KClO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Na_2SO_3 , KClO_3 , NaCl , Na_2CrO_4 , NH_4ClO_4 , BaMnO_4 .

- 3. визначте ступені окиснення Мангану в сполуках:

Mn , MnO , MnO_2 , K_2MnO_4 , KMnO_4 , Mn_2O_7

4. обчисліть ступені окиснення карбону в сполуках. (візьміть до уваги, що в усіх цих сполуках ступінь окиснення Гідрогену — +1, а Хлору — -1.)



5. визначте електронну формулу Хлору в ступенях окиснення: -1, 0, +1, +3, +5, +7.

6. Наведіть формули сполук Нітрогену з позитивним і негативним ступенем окиснення цього хімічного елемента.

7*. Максимальна валентність та ступінь окиснення кисню та Флуору відрізняються від номерів груп Періодичної системи, у яких вони розташовані. як ви вважаєте, чим це можна пояснити?