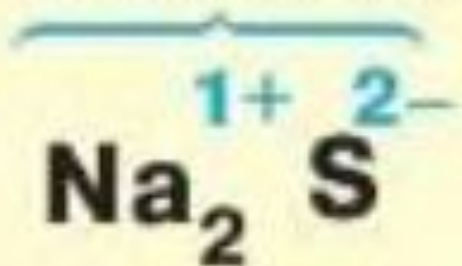
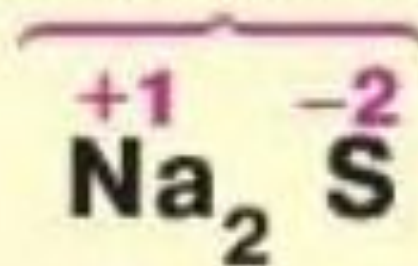


**СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ.
ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТА
ЗА ХІМІЧНОЮ ФОРМУЛОЮ СПОЛУКИ.
СКЛАДАННЯ ФОРМУЛИ СПОЛУКИ ЗА ВІДОМИМИ
СТУПЕННЯМИ ОКИСНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ**

заряди йонів



ступені окиснення



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.
- Вищий 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.

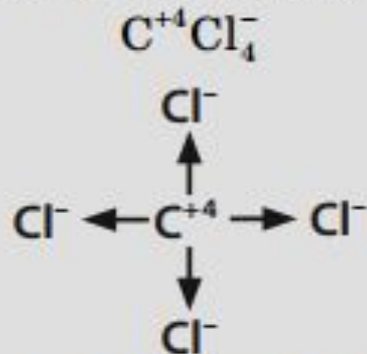
Валентність

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

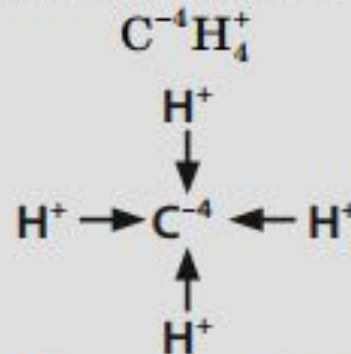
Ступінь окиснення

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)

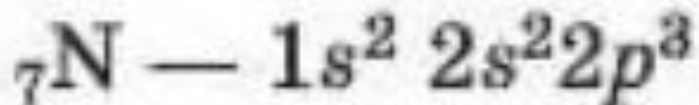
У даних прикладах Карбон має валентність, що дорівнює чотирьом, а ступінь його окиснення різний (стрілками показано зсув електронної густини у бік більш електронегативного елемента). Таким чином, за однакових значень валентності елемент може мати різний ступінь окиснення — як за знаком, так і за значенням:

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

СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ І ВАЛЕНТНІСТЬ

(НА ПРИКЛАДІ N₂)

- ЕЛЕКТРОННА ФОРМУЛА АТОМА НІТРОГЕНУ:



- НА ЗОВНІШНЬОМУ ЕНЕРГЕТИЧНОМУ РІВНІ 5 ЕЛЕКТРОНІВ,



ТРИ ІЗ ЯКИХ НЕСПАРЕНІ.

- У МОЛЕКУЛІ АЗОТУ N₂ НІТРОГЕН УТВОРЮЄ ТРИ КОВАЛЕНТНІ ЗВ'ЯЗКИ



ЙОГО ВАЛЕНТНІСТЬ ДОРІВНЮЄ ТРЬОМ.

- ЗМІЩЕННЯ СПІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПАР НЕ ВІДБУВАЄТЬСЯ, ВОНИ РІВНОВІДДАЛЕНІ ВІД ЯДЕР ОБОХ АТОМІВ

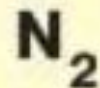


- ТОМУ СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ НІТРОГЕНУ НУЛЬОВИЙ, А ТОДІ ЯК ОБИДВА АТОМИ – ТРИВАЛЕНТНІ.


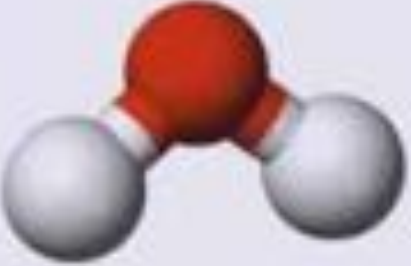
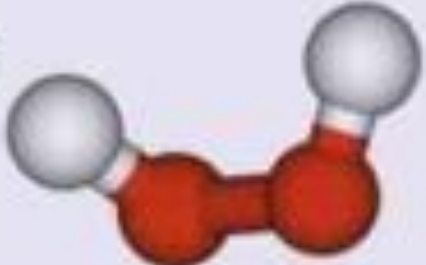
валентність — III



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

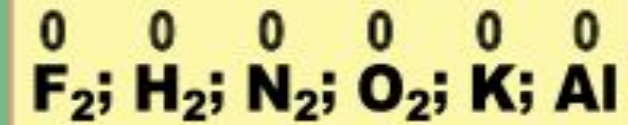
ПРАВИЛА ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОКИСНЕННЯ

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 оксигену -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:



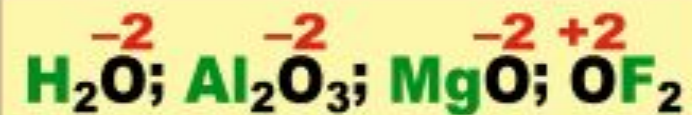
Ступінь окиснення Гідрогену в сполуках з неметалічними елементами зазвичай дорівнює +1, а з металічними - -1:



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 H-O-O-H) 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 ПС	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

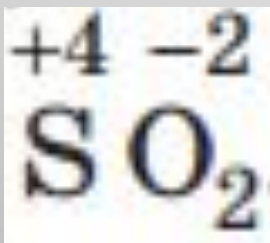
ДЕЯКІ ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НЕ ПІДПАДАЮТЬ ПІД ЦІ ПРАВИЛА.

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 СУЛЬФУРУ 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

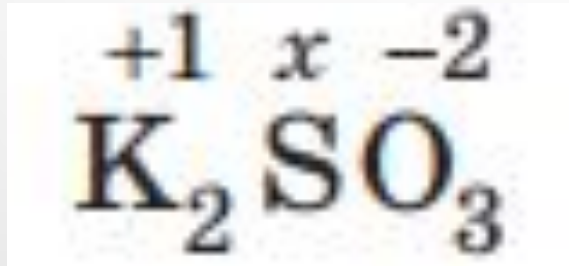
- ДЛЯ СПОЛУК, УТВОРЕНИХ БІЛЬШЕ НІЖ ДВОМА ХІМІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ, ПРИНЦИП ЕЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНОСТІ ТАКОЖ Є ОСНОВНИМ.
- ПІДХІД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНІВ ОКИСНЕННЯ ТАКИЙ САМИЙ, ЯК І ДЛЯ БІНАРНИХ СПОЛУК.
- ТАКОЖ СЛІД ПАМ'ЯТАТИ, ЩО В ПЕРЕВАЖНІЙ БІЛЬШОСТІ СПОЛУК СТУПІНЬ ОКИСНЕННЯ **ОКСИГЕНУ** ДОРІВНЮЄ **-2**, А **ГІДРОГЕНУ** — **+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	$\begin{matrix} +1 & x & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} x & -2 & +1 \\ \text{Cr} & (\text{OH}) & 3 \end{matrix}$
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	$\begin{matrix} +1 & +6 & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -2 & +1 \\ \text{Cr} & (\text{OH}) & 3 \end{matrix}$

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 СТУПЕННЯМИ 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 :

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

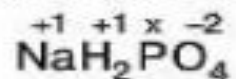
Відповідь: H_2SO_4 .

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(III) ОКСИД.

- 2. ВИЗНАЧТЕ СТУПЕНІ ОКИСНЕННЯ ВСІХ ЕЛЕМЕНТІВ У СПОЛУКАХ:

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

б) Ba(OH)_2 , $\text{Ca(NO}_3)_2$, 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.)

CH_4 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$, C_2Cl_6 .

- 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 ОКСИГЕНУ ТА ФЛУОРУ ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ВІД НОМЕРІВ ГРУП ПЕРІОДИЧНОЇ СИСТЕМИ, У ЯКИХ ВОНИ РОЗТАШОВАНІ. ЯК ВИ ВВАЖАЄТЕ, ЧИМ ЦЕ МОЖНА ПОЯСНИТИ?